

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

**“CAPACIDAD PORTANTE (CBR) DEL SUELO DEL SECTOR 9 DE CAJAMARCA, INCORPORANDO 2%, 4% Y 6% DE CAL HIDRATADA, 4%, 6% Y 8% DE CEMENTO PORTLAND TIPO I Y 4%, 8% Y 12% DE CLORURO DE SODIO”**

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autores:

Frank José Estrada Arana  
Jhan Franco Pintado Estrada

Asesor:

Ing. Iván Hedilbrando Mejía Díaz

Cajamarca - Perú

2019



## DEDICATORIA

Dedicamos esta tesis a nuestros padres por ser el pilar más importante en nuestra formación, por brindarnos su cariño y apoyo incondicional, por ser ejemplos de perseverancia y humildad.

A nuestro amado abuelo Emilio Estrada Gálvez, por sus consejos y su motivación constante, por su comprensión y el amor que nos brindó siempre sin importar nuestras diferencias de opiniones, por su gran apoyo tan desinteresado. por la enorme confianza que depositó en nosotros desde que empezamos nuestra carrera profesional y sobre todo por ser una gran fuente de motivación e inspiración para nuestras vidas.

A nuestros docentes, por su tiempo, comprensión y estima que supieron darnos de una manera muy noble, por el apoyo y la sabiduría que nos transmitieron a lo largo de este camino.

A nuestros amigos, que nos acompañaron en este difícil camino, enseñándonos el valor del trabajo en equipo, por el apoyo en los buenos y malos momentos y que hicieron de esta, una experiencia muy especial.

## AGRADECIMIENTO

Le agradecemos a Dios, por habernos acompañado y guiado a lo largo de nuestra carrera,  
por habernos dado la fortaleza para saber sobrellevar los momentos de dificultad y  
desesperación que durante este proceso hemos tenido, y por brindarnos una vida llena de  
felicidad y amor.

Le agradecemos a nuestros padres por apoyarnos en todo momento, por habernos  
inculcado muchos valores y el esfuerzo que derrocharon para brindarnos la mejor  
educación en todo momento y ser extraordinarios ejemplos a seguir.

Le damos gracias a nuestros profesores por su dedicación y tiempo, por haber compartido  
con nosotros lo mejor de sus conocimientos y sobre todo su amistad.

A nuestro abuelo Emilio, que ya no se encuentra entre nosotros físicamente, pero siempre  
estará presente en nuestros corazones y nuestras mentes por sus consejos y haber creído en  
nosotros en todo momento.

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>DEDICATORIA</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b>	<b>3</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>9</b>
<b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN</b>	<b>10</b>
1.1. Realidad problemática	10
1.2. Formulación del problema	21
1.3. Objetivos	21
1.3.1. Objetivo general	21
1.3.2. Objetivos específicos	21
1.4. Hipótesis	22
<b>CAPÍTULO II: METODOLOGÍA</b>	<b>23</b>
2.1. Tipo de investigación	23
2.1.1. Según el propósito	23
2.1.2. Según el diseño de investigación	23
2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)	23
2.2.1. Población:	23
2.2.2. Muestra:	23
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos	24
2.3.1. Técnicas para la recolección de datos	24
2.3.2. Técnicas de análisis de datos	24
2.3.3. Instrumentos de recolección de datos	25
2.3.4. Instrumentos para el análisis de datos	25
2.4. Procedimientos	26
2.4.1. Procedimientos de recolección de datos	26
2.4.2. Procedimientos de análisis de datos	27
<b>CAPÍTULO III: RESULTADOS</b>	<b>28</b>
3.1. Resultados de laboratorio	28
3.1.1. Contenido de humedad	28
3.1.2. Análisis granulométrico por lavado	28
3.1.3. Límites de Atterberg	29
3.1.4. Peso específico de material fino	30
3.1.5. Clasificación SUCS (Sistema Unificado de clasificación de suelos)	30



3.1.6. Clasificación AASHTO (Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes)	30
3.1.7. Ensayo de compactación próctor modificado	31
3.1.8. Ensayo de CBR (California Bearing Ratio)	32
<b>CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES</b>	<b>34</b>
4.1. Discusión de resultados	34
4.1.1. Próctor modificado	34
4.1.2. California Bearing Ratio	36
4.2. Conclusiones	39
<b>REFERENCIAS</b>	<b>41</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>43</b>
<b>PLANO DE UBICACIÓN</b>	<b>44</b>
<b>PROTOCOLOS DE ENSAYOS</b>	<b>46</b>
<b>COMPARACIÓN DE COSTOS POR M3 DE ESTABILIZACIÓN DE SUELOS</b>	<b>83</b>
<b>PANEL FOTOGRÁFICO</b>	<b>85</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Granulometría del suelo según AASHTO, SUCS Y ASTM	14
Tabla 2: Características de suelos según su índice de plasticidad	16
Tabla 3: Clasificación SUCS	17
Tabla 4: Tipos y cantidad de muestras utilizadas	24
Tabla 5: Análisis granulométrico por lavado	28
Tabla 6: Resultados límites de Atterberg	29
Tabla 7: Clasificación de suelos AASHTO	31
Tabla 8: Resultados ensayo de Próctor Modificado	32
Tabla 9: Resultados ensayo de CBR	32
Tabla 10: Comparación de costos por m <sup>3</sup> de estabilización de suelos	84

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Análisis granulométrico por lavado	29
Figura 2: Límites de Atterberg	30
Figura 3: Comparación densidad seca máxima	35
Figura 4: Comparación contenido de humedad óptimo	36
Figura 5: Comparación del CBR a 0.1”	37
Figura 6: Comparación del CBR a 0.2”	38

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1: Realización de calicata	86
Fotografía 2: Realización de calicata	86
Fotografía 3: Realizando el pesado de la muestra	87
Fotografía 4: Realizando el pesado de la muestra	87
Fotografía 5: Tamizando la muestra para el ensayo de granulometría	88
Fotografía 6: Preparando la muestra para el ensayo de proctor	88
Fotografía 7: Pesando el molde para el ensayo de CBR	89
Fotografía 8: Preparando material para el ensayo de proctor	89
Fotografía 9: Cuarteo de material	90
Fotografía 10: Compactando material para el ensayo de proctor modificado	90
Fotografía 11: Ensayo de hinchamiento	91
Fotografía 12: Ensayo de hinchamiento	91
Fotografía 13: Toma de datos para el ensayo de hinchamiento	92
Fotografía 14: Registro de muestras obtenidas para el W% del ensayo de CBR	92
Fotografía 15: Pesando el molde de CBR	93
Fotografía 16: Sumergiendo los moldes de CBR mas la muestra	93
Fotografía 17: Pesando el molde de CBR	94
Fotografía 18: Secado de los moldes más muestra para el ensayo de carga-penetración	94
Fotografía 19: Realizando el ensayo de carga penetración	95
Fotografía 20: En el laboratorio con nuestro asesor el ing. Iván Mejía	95

## RESUMEN

Los suelos arcillosos tienden a ser un problema al momento de diseñar y ejecutar proyectos debido a su alta plasticidad y los bajos valores de su índice CBR, para hacer frente a esta situación se plantea la estabilización del suelo utilizando aditivos con la finalidad de mejorar sus propiedades. El objetivo de la investigación fue comparar el CBR del suelo del sector 9 de la ciudad Cajamarca, incorporando 2%, 4% y 6% de cal hidratada, 4%, 6% y 8% de cemento portland tipo I y 4%, 8% y 12% de cloruro de sodio con suelo en estado natural. La muestra de suelo proviene del sector 9 de la ciudad de Cajamarca. Los ensayos se realizaron en el laboratorio de la Universidad Privada del Norte para obtener sus propiedades físicas y mecánicas de acuerdo a las normas ASTM Y NTP correspondientes. Luego de realizar los ensayos correspondientes, el CBR de la muestra patrón fue 4.60%; al incorporar 2%, 4% y 6% de cal hidratada se obtuvieron valores de 9.05%, 11.15% y 10.50% respectivamente; al incorporar cloruro de sodio en 4%, 8% y 12%, se obtuvieron índices CBR de 4.80%, 5.10% y 5.10% respectivamente. Al incorporar Cemento Portland tipo I en 4%, 6% y 8%, se obtuvieron índices CBR de 7.00%, 7.70% y 7.70% respectivamente. La hipótesis sólo cumplió para la adición de los porcentajes de 4% y 6% de cal hidratada ya que el CBR aumentó hasta 200% con respecto a la muestra patrón.

**Palabras clave:** Suelo, Estabilización, Cal Hidratada, Cemento Portland Tipo I, Cloruro de Sodio, California Bearing Ratio.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

Los suelos arcillosos, debido a su baja capacidad de soporte y mala calidad no siempre cumplen con los requerimientos necesarios para ser empleados en proyectos viales.

Una alternativa de solución con la finalidad de mejorar las características mecánicas propios del material es estabilizándolo con productos que puedan mejorar sus propiedades naturales (Cañar, 2006)

La baja calidad de soporte ya que nos encontramos frente a un material de tipo arcilloso, asimismo, la sensibilidad del suelo a la humedad provocando variaciones volumétricas. Los cambios de volumen en un suelo expansivo, como el que se presenta en este tramo de estudio, pueden producir graves daños a las estructuras que se apoyan sobre éste, por ello, al construir un pavimento se debe intentar en gran medida controlar las variaciones volumétricas del mismo a raíz de la humedad. La subrasante tiene la particularidad de otorgar la respuesta estructural y el comportamiento del pavimento en construcción y operación. Un gran porcentaje de las deflexiones en la superficie de un pavimento se puede atribuir a la subrasante, por ello es necesario asegurar que la caracterización de la subrasante sea la apropiada (Castro, 2017)

En Cajamarca existe una clara deficiencia en el proceso constructivo de las infraestructuras debido a múltiples razones: mala concepción estructural, materiales de baja calidad, el uso y abuso en la ejecución por personal no calificado, y a esto se le suma zonas con baja capacidad portante de suelo, se estima que en Cajamarca la resistencia del terreno es baja, variando entre  $0.5 \text{ Kg/cm}^2$  (en el valle) hasta  $1.5 \text{ Kg/cm}^2$  (en las laderas) siendo necesario buscar los niveles adecuados de cimentación y mejorarlos con una capa de afirmado debidamente compactada, que cumpla con el

contenido óptimo de humedad y de ser necesario reforzarlos con sobrecimiento armado o estructura similar (Municipalidad provincial de Cajamarca, 2016).

El suelo juega un papel importante en la ejecución de cualquier proyecto de ingeniería, en la ciudad de Cajamarca es muy común encontrar suelos de tipo arcilloso los cuales acarrearán problemas significativos para las estructuras, estos se caracterizan por su baja capacidad portante y por ser muy inestables en presencia de humedad es por esto que se suele recurrir a procesos de mejoramiento con estabilizadores como cal, cemento, emulsiones, aditivos, entre otros (Altamirano, 2015).

La estabilización de suelos es el proceso al que se ven sometidos los suelos arcillosos para mejorar sus cualidades como aumentar su resistencia, reducir su plasticidad, facilitar los trabajos de construcción o aumentar su estabilidad reduciendo problemas en estructuras y pavimentos y es que cuando las propiedades geotécnicas de los suelos no son buenas, llevar a cabo una construcción de este tipo es prácticamente imposible, por lo que realizar un tratamiento a dicho suelo es casi una imposición.

Velásquez (2018) en su estudio “Influencia del cemento portland tipo I en la estabilización del suelo de la avenida Dinamarca, sector la Molina” evalúa mejorar la subrasante de este suelo arcilloso de alta plasticidad debido a que este tipo de suelos no poseen una calidad adecuada para conformar una subrasante, para ello realiza en primer lugar un estudio de suelos que permita identificar las características físicas y mecánicas del suelo, posteriormente emplea cemento portland tipo I como estabilizador obteniendo como resultado la reducción del índice de plasticidad de 44% a 36, 23 y 15% incorporando cemento portland tipo I en porcentajes de 1, 3 y 5% respectivamente, lo que significó reducir su plasticidad alta a media, y el incremento de su índice CBR fue de 1.30% a 3.50, 6.63 y 13.75% utilizando las mismas

incorporaciones de cemento portland tipo I respectivamente, lo que significó mejorar la subrasante de regular a buena.

Murillo (2010) en su trabajo de investigación para obtener el grado de maestría llamado “Estudio del comportamiento de las bases de pavimentos rígidos en la ciudad de Cuenca y su influencia en el diseño” busca mejorar las propiedades físico-mecánicas de bases granulares incorporando cemento portland tipo I al suelo con la finalidad de encontrar espesores de base y losa de pavimentos rígidos más económicos, con este fin opta por la estabilización del suelo incorporando cemento portland tipo I, después de haber realizado esta investigación nos indica que al adicionar cemento al material aumenta su índice CBR desde 159% hasta 400% utilizando el óptimo contenido de humedad de este aditivo, logrando reducir así el costo estimado para la implementación de un pavimento rígido.

Jara (2014) Debido a los problemas en una subrasante de suelos con elevada plasticidad y poca capacidad portante decide realizar el estudio denominado “Efecto de la cal como estabilizante de una subrasante de suelo arcilloso

” en el cual obtiene como resultado que la adición de cal al 4% disminuye el límite líquido de 67.57 a 57.15, el límite plástico aumenta de 30.70 a 47.60 con el mismo contenido de cal, además obtiene el CBR máximo con un porcentaje de cal de 4%, elevándose de 2.55 a 11.48%.

Cuadros (2017) en su investigación denominada “Mejoramiento de las propiedades físico-mecánicas de la subrasante en una vía afirmada de la red vial departamental de la región Junín mediante la estabilización química con óxido de calcio” utiliza 1, 3, 5 y 7% de cal para estabilizar un suelo de subrasante concluyendo que la incorporación de 3% es el contenido óptimo de cal para esta estabilización, reduciendo el límite de



plasticidad de 19.08 a 4.17%, el contenido de humedad óptimo para compactación se redujo de 18.30 a 15.60% y el CBR del suelo aumenta de 4.85 a 15.64%.

Reyes (2006) en su investigación denominada “Uso de cloruro de sodio en bases granulares” determinó el efecto en las propiedades mecánicas que tiene introducir cloruro de sodio en bases granulares. La investigación inicia con la determinación de las propiedades físico-mecánicas del material granular, para posteriormente determinar la humedad óptima mediante el ensayo de próctor modificado para el material en estado natural y con adición de NaCl. Dentro de los resultados obtenidos se determinó un incremento de la resistencia (CBR) de hasta 9 veces para una adición del 15% de NaCl; un aumento en la resistencia a la compresión de 100% para el porcentaje de 8% de NaCl y un descenso de la resistencia a tracción para todos los porcentajes de adición.

Suelo en Ingeniería Civil son los sedimentos no consolidados de partículas sólidas fruto de la alteración de las rocas, o los suelos transportados por agentes como el agua, el hielo o el viento, con la contribución de la gravedad como fuerza direccional selectiva y que puede tener, o no materia orgánica. El suelo es un cuerpo natural heterogéneo (Escobar, 2016).

Suelos arcillosos se denominan a los que están conformados por partículas de arcilla, limos, arenas, entre otros, pero los que se encuentran en mayor cantidad son los primeros, este tipo de suelos suelen hincharse cuando se exponen a la humedad y se contraen cuando la humedad del suelo disminuye. Todo esto representa un problema para las cimentaciones de cualquier proyecto de ingeniería que se va a asentar sobre este tipo de suelo, ya que este buscará separarse de la estructura al expandirse. Este fenómeno en los suelos arcillosos es conocido como “arcillas expansivas”. Por lo

regular los suelos arcillosos tienen una zona activa de alrededor de 6 metros. Así que, se recomiendan cimentaciones profundas ya que encuentra mayor estabilidad a mayor profundidad (Bauzá, 2003).

El contenido de humedad es la relación, en %, del peso del agua del espécimen, al peso de los sólidos. El problema surge al determinar cuál es el peso del agua, para tal efecto debemos señalar que existen varias formas de agua en el suelo, y unas requieren más temperatura y tiempo de secado que otras para ser eliminadas. En consecuencia, el concepto “suelo seco” también es arbitrario, como lo es el agua que pesemos en el suelo de muestra. Suelo seco es el que se ha secado en una estufa, a temperatura de 105°C – 110°C, hasta obtener un peso constante durante 24 horas (Duque y Escobar, 2002).

Flores (2014) en su libro sobre Geomecánica define a la granulometría como las proporciones relativas en las que se encuentran las diferentes partículas minerales del suelo (grava, arena, limo y arcilla) expresada con base al peso seco del suelo (en porcentaje) después de la destrucción de los agregados.

Las fracciones tendrán denominaciones, según el sistema:

Tabla 1

*Granulometría del suelo según AASHTO, SUCS Y ASTM*

	BRITÁNICO Φ (mm)	AASHTO Φ (mm)	ASTM Φ (mm)	SUCS Φ (mm)
Grava	60 – 2	75 – 2	> 2	75 – 4,75
Arena	2 – 0,06	2 – 0,05	2 – 0,075	4,75 – 0,075
Limo	0,06 – 0,002	0,05 – 0,002	0,075 – 0,005	< 0,075
Arcilla	< 0,002	< 0,002	< 0,005	finos

Fuente: Flores, 2014

Un suelo está en estado líquido (arcilla o limo muy húmedos) cuando se comporta como un fluido viscoso, deformándose por su propio peso y con resistencia al corte casi nulo. Al perder agua, ese suelo pierde su fluidez, pero continúa deformándose plásticamente; dado que pierde su forma, sin agrietarse. Si se continúa con el proceso de secado (de la arcilla o limo), el suelo alcanza el estado semi sólido, si al intentar el remoldeo se desmorona. Si se saca más

agua, a un punto en el cual su volumen ya no se reduce por la pérdida de agua, y el color toma un tono más claro, el estado del suelo se define como sólido.

El límite líquido es el contenido de humedad requerido para que la muestra, en el aparato de Casagrande cierre una ranura de  $\frac{1}{2}$ '' de amplitud, a los 25 golpes generados a la cápsula de bronce, con un ritmo de dos golpes por minuto. Los valores corrientes son: para arcillas 40 a 60%, para limos 25 a 50%; en arenas no se obtienen resultados.

El límite plástico es el menor contenido de humedad para el cual el suelo se deja moldear. Esto se dice cuando tomando bolas de suelo húmedo, se pueden formar rollitos de  $\frac{1}{8}$ '' sobre una superficie plana, lisa y no absorbente. Sin agrietarse el suelo, no hay límite plástico. Los valores típicos entre arenas y arcillas se encuentran entre 5 y 30%. En arenas la prueba no es posible.

El índice de plasticidad permite clasificar bastante bien un suelo. Un IP grande corresponde a un suelo muy arcilloso; por el contrario, un IP pequeño es característico de un suelo poco arcilloso; por lo contrario, un IP pequeño es característico de un suelo poco arcilloso (Sanz, 1995).

Tabla 2

*Características de suelos según su índice de plasticidad*

ÍNDICE DE PLASTICIDAD	CARACTERÍSTICAS
$IP > 20$	Suelos muy arcillosos
$20 > IP > 10$	Suelos arcillosos
$10 > IP > 4$	Suelos poco arcillosos
$IP = 0$	Suelos exentos de arcillas

Fuente: Sanz, 1995

Crespo (2004) menciona que los ingenieros, típicamente los ingenieros geotécnicos, clasifican a los suelos de acuerdo a sus propiedades ingenieriles, en relación a su uso en fundaciones o en materiales de construcción de edificios. Los sistemas modernos de clasificación de ingeniería se diseñan para permitir una fácil transición de las observaciones a campo a las predicciones básicas de propiedades y de conductas de ingeniería de suelos.

Los sistemas de clasificación más comunes de ingeniería para suelos en Estados Unidos es el Sistema de Clasificación de Suelo unificado, SUCS por su acrónimo en inglés. El SUCS tiene tres grupos de clasificación mayores:

Suelos de grano grueso (por ejemplo, arenas y gravas): se distingue principalmente porque los granos son observables a simple vista.

Suelos de grano fino (por ejemplo, limos y arcillas): son buenos y algunos no almacenan agua, retienen agua mejor que los granos superiores.

Suelos altamente orgánicos (referidos como «turba»). El SUCS además subdivide a esas tres mayores clases de suelos para clarificación.

El sistema de clasificación SUCS puede ser aplicado a la mayoría de los materiales sin consolidar y se representa mediante un símbolo con dos letras. Cada letra es descrita debajo (con la excepción de Pt). Para clasificar el suelo hay que realizar previamente una granulometría del suelo mediante tamizado u otros. También se le denomina clasificación modificada de Casagrande.

Tabla 3

*Clasificación SUCS*

Segunda letra		Primera y/o segunda letra	
Letra	Definición	Símbolo	Definición
P	pobrementemente gradado (tamaño de partícula uniforme)	G	grava
W	bien gradado (tamaños de partícula diversos)	S	arena
H	alta plasticidad	M	limo
L	baja plasticidad	C	arcilla
		O	orgánico

Fuente: NTP 339.134, 1999

Juárez (2005) menciona que todo proceso de compactación implica una doble acción, en primer lugar será preciso romper y modificar la estructura original que el suelo tenía en el lugar donde fue recogido; en segundo lugar, habrá que actuar sobre él, modificando su disposición o acomodarlo de grumos, para hacer que el conjunto adopte una nueva estructura, más densa.

La importancia de la compactación de los suelos estriba en el aumento de la resistencia y disminución de capacidad deformación que se obtienen al sujetar al suelo a técnicas convenientes que aumenten su peso específico seco, disminuyendo sus vacíos (Juárez, 2005).

Blanco & Matuz (2006) hablan sobre el ensayo CBR (California Bearing Ratio), este consiste en medir la resistencia al punzonamiento de un suelo sobre las probetas confeccionadas por el procedimiento del ensayo Proctor y comparar los valores obtenidos con un valor de referencia patrón. Se mide así la capacidad portante del suelo o lo que es lo mismo su capacidad de soportar una carga para cada pareja de valores de densidad-humedad. Se expresa por el índice portante CBR en % del valor de referencia. Cuanto más elevado es el CBR más capacidad portante tiene el suelo.

El índice CBR se define como la relación entre la presión necesaria para que el pistón penetre en el suelo una determinada profundidad y la necesaria para conseguir esa misma penetración en una muestra patrón de grava modificada, expresada en tanto por ciento (Boñon, 2000).

Boñón (2000) divide a la determinación de CBR para suelos remodelados en dos tipos: CBR para suelos cohesivos, a estos suelos les afecta la humedad de compactación y la densidad, por lo que se ensaya cada muestra después de 4 días colocadas en agua.

CBR para suelos no cohesivos, como arenas limpias y gravas arenosas, no se ven afectados por la humedad de compactación dados que estos suelos generalmente se compactan con el tráfico. El ensayo se realiza después de compactarlos a su densidad máxima.

El funcionamiento a largo plazo de cualquier proyecto de construcción depende de la calidad de los suelos subyacentes. Los suelos inestables pueden crear problemas significativos en las estructuras y pavimentos. Con el diseño y técnicas de construcción apropiados, el tratamiento con determinado aditivo transforma químicamente los suelos inestables en materiales utilizables (Romero, 2008).

Crespo (2004) dice que llamamos estabilización de un suelo al proceso mediante el cual se someten los suelos naturales a cierta manipulación o tratamiento de modo que podamos aprovechar sus mejores cualidades, obteniéndose un firme estable, capaz de soportar los efectos del tránsito y las condiciones de clima más severas.

La dosificación depende del tipo de arcilla. Se agregará de 2% a 8% de cal por peso seco de suelo. Este porcentaje debe determinarse en el laboratorio, siguiendo los pasos siguientes:

Elaborar especímenes para el ensayo de compresión no confinada a la humedad óptima y máxima densidad seca.

Determinar el incremento de la resistencia del suelo estabilizado con cal.

Elaborar una gráfica de resistencia y % de cal. En todo documento técnico o análisis técnico, deberá adjuntarse los gráficos y sustento técnico que ilustren objetivamente las mejoras obtenidas con cal hidratada, indicando claramente los porcentajes de participación y valores alcanzados con ello. Además, se debe reportar resultados de la capacidad de soporte según la metodología “California Bearing Ratio – CBR” (Relación de Soporte de California), para evidenciar las mejoras. Por ningún motivo se debe emplear más del 8% de cal en el suelo, ya que se aumenta la resistencia, pero también la plasticidad. Los suelos que se usen para la construcción de Suelo-Cal deben estar limpios y no deben tener más de tres por ciento (3%) de su peso de materia orgánica.

La adición de cemento, debe mejorar las propiedades mecánicas del suelo, sin llegar a condiciones de rigidez similares a morteros hidráulicos. El profesional responsable debe verificar que los finos pasantes al tamiz N°200, en el suelo, se encuentre entre 5% y 35%, antes de ser mezclados con cemento. (Céspedes, 2002).

Para obtener una estabilización del tipo flexible, el porcentaje de cemento debe variar entre 1% a 4%. Para obtener una estabilización del tipo rígida, el porcentaje de cemento debe variar entre 6% a 9%, logrando mejorar el comportamiento de las bases, reflejado en el incremento de su módulo de elasticidad evitando fracturas de la capa de superficie. El porcentaje óptimo a emplear, se debe calcular con pruebas de laboratorio con diferentes contenidos de cemento (Céspedes, 2002).

El cloruro de sodio se adiciona al agua en pequeños porcentajes, ésta se disuelve rápidamente, pero a medida que el porcentaje adicionado va siendo más elevado, se disuelve con más dificultad y se tendrá un cierto porcentaje más allá del cual el cloruro de sodio ya no se disuelve.

Roldán (2010) en su trabajo sobre estabilización de suelos con cloruro de sodio menciona que esta es un estabilizante natural, compuesto aproximadamente por 98% de NaCl y un 2% de arcillas y limos, cuya propiedad fundamental al ser higroscópico, es absorber la humedad del aire y de los materiales que la rodean, para reducir el punto de evaporación y mejorar la cohesión del suelo.

Su poder coagulante conlleva a un menor esfuerzo mecánico para lograr la densificación deseada, debido al intercambio iónico entre el sodio y los minerales componentes de la matriz fina de los materiales, se produce una acción cementante.

En base a todo lo mencionado anteriormente, en la presente tesis se determinó la influencia de la adición en porcentajes de cal, cemento portland tipo I y cloruro de sodio, en el California Bearing Ratio (CBR) del suelo del sector 9 considerando como principal problema en Cajamarca la inestabilidad de los suelos ya que deben tener un tratamiento adecuado en cualquier obra de construcción civil; para corregir este problema existen diversas técnicas de estabilización de suelos; algunas de ellas se



realizan utilizando productos químicos no tóxicos que aportan a estos un mejor comportamiento en servicio tal es el caso de la cal, el cemento y el cloruro de sodio que utilizaremos en esta tesis y al finalizar se poder determinar cuál es el más adecuado para el suelo del sector 9 de Cajamarca.

## **1.2. Formulación del problema**

¿Cómo varía la capacidad portante (CBR) del suelo del sector 9 de Cajamarca, incorporando 2%, 4% y 6% de cal hidratada, 4%, 6% y 8% de cemento portland tipo I y 4%, 8% y 12% de cloruro de sodio?

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo general**

Determinar la capacidad portante (CBR) del suelo del sector 9 de Cajamarca, incorporando (2%, 4% y 6%) de cal hidratada, (4%, 6% y 8%) de cemento portland tipo I y (4%, 8% y 12%) de cloruro de sodio.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Realizar los ensayos físico mecánicos para clasificar al suelo del Sector 9 de Cajamarca, mediante el sistema SUCS.
- Realizar el ensayo de compactación Próctor modificado de cada mezcla, (2%, 4% y 6%) de cal hidratada, (4%, 6% y 8%) de cemento portland tipo I y (4%, 8% y 12%) de cloruro de sodio, así como de la muestra patrón.

- Realizar el ensayo CBR de cada mezcla, (2%, 4% y 6%) de cal hidratada, (4%, 6% y 8%) de cemento portland tipo I y (4%, 8% y 12%) de cloruro de sodio, así como de la muestra patrón.
- Comparar y evaluar los resultados respecto a la muestra patrón.

#### **1.4. Hipótesis**

La capacidad portante (CBR) del suelo del sector 9 de Cajamarca incorporando (2%, 4% y 6%) de cal hidratada, (4%, 6% y 8%) de cemento portland tipo I y (4%, 8% y 12%) de cloruro de sodio aumenta hasta 200 % con respecto a la muestra patrón.

## **CAPÍTULO II. METODOLOGÍA**

### **2.1. Tipo de investigación**

#### **2.1.1. Según el propósito:**

Aplicada.

#### **2.1.2. Según el diseño de investigación:**

Cuasi experimental.

### **2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)**

#### **2.2.1. Población:**

Muestras de suelo del Sector 9 de Cajamarca con adición de cal hidratada, cemento portland tipo I y cloruro de sodio para el índice California Bearing Ratio (CBR).

#### **2.2.2. Muestra:**

Se utiliza una muestra de suelo del Sector 9 de Cajamarca sin adiciones pacomo muestra patrón, una muestra para cada mezcla de suelo del Sector 9 de Cajamarca con 2%, 4% y 6% de cal hidratada, 4%, 6% y 8% de cemento portland tipo I y 4%, 8% y 12% de cloruro de sodio para índice California Bearing Ratio (CBR).

Tabla 4

*Tipos y cantidad de muestras utilizadas*

		<b>Aditivo incorporado</b>			
		<b>Cal</b>	<b>Cemento</b>	<b>Cloruro de</b>	<b>Sin</b>
		<b>Hidratada</b>	<b>Portland tipo I</b>	<b>sodio</b>	<b>incorporaciones</b>
<b>% Adicionado</b>	<b>0</b>				<b>1</b>
	<b>2</b>	<b>1</b>			
	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	
	<b>6</b>	<b>1</b>	<b>1</b>		
	<b>8</b>		<b>1</b>	<b>1</b>	
	<b>12</b>			<b>1</b>	
		<b>Total = 10 muestras</b>			

Los aditivos usados en esta tesis como la cal, cemento y el cloruro de sodio para estabilizar el suelo del sector 9 de Cajamarca son de los más utilizados por su facilidad de aplicación y por aportar muchos beneficios como estabilizar y modificar las propiedades del suelo y principalmente porque son económicos.

## 2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

### 2.3.1. Técnicas para la recolección de datos

Se utilizó el análisis documental consultando e-books, normas técnicas peruanas, normas ASTM, artículos científicos, manuales y estudios anteriores, los cuales nos dieron información más detallada acerca de la estabilización y mejoramiento de suelos con cal, cemento portland y cloruro de sodio.

### 2.3.2. Técnicas de análisis de datos

Una vez culminada la fase de recolección y procesamiento de datos, seguimos con el análisis, para esto utilizamos la técnica de visualización de resultados a través de

gráficas y tablas dinámicas que podemos generar con la ayuda del programa Microsoft Excel.

### **2.3.3. Instrumentos de recolección de datos**

Para esto se utilizaron las guías y protocolos, dados por la universidad, que describen el proceso para realizar los ensayos de mecánica de suelos, basados en las normas técnicas detalladas a continuación:

- Contenido de humedad: NTP 339.127 (ASTM D 2216)
- Análisis granulométrico: NTP 339.128 (ASTM D 422)
- Límites de Atterberg: NTP 339.129 (ASTM D 4318)
- Clasificación SUCS (Sistema unificado de clasificación de suelos): NTP 339.134 (ASTM D 2487)
- Peso específico material fino: NTP 339.131 (ASTM D 854)
- Ensayo de compactación Proctor Modificado: NTP 339.141 (ASTM D 1557)
- Ensayo de CBR (California Bearing Ratio): NTP 339.145 (ASTM D 1883)

### **2.3.4. Instrumentos para el análisis de datos**

Se utilizaron los programas de Microsoft Excel y Word los cuales nos permitieron elaborar gráficas y tablas dinámicas que fueron de gran ayuda para visualizar nuestros resultados y poder finalmente discutir y compararlos llegando a una conclusión.

## **2.4. Procedimientos**

### **2.4.1. Procedimiento de recolección de datos**

#### **a) Extracción de la muestra**

En el mes de abril del 2018 se buscó en el sector 9 de Cajamarca, específicamente en el terreno de coordenadas N: 9207450 m, E=776444 (Ver plano en anexos)

el material a estudiar, el cual fue trasladado a las instalaciones de la Universidad Privada del Norte, en el respectivo laboratorio de la universidad, para obtener sus características y propiedades para posteriormente poder clasificarlo mediante el sistema SUCS.

#### **b) Ensayos de mecánica de suelos**

Luego de haber extraído la muestra se procedió a realizar los ensayos en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad Privada del Norte, para obtener los datos necesarios se utilizaron los protocolos, de cada ensayo en donde se detalla el procedimiento a seguir, estos son:

- Contenido de humedad: NTP 339.127 (ASTM D 2216)
- Análisis granulométrico: NTP 339.128 (ASTM D 422)
- Límites de Atterberg: NTP 339.129 (ASTM D 4318)
- Clasificación SUCS (Sistema unificado de clasificación de suelos): NTP 339.134 (ASTM D 2487)
- Peso específico material fino: NTP 339.131 (ASTM D 854)
- Ensayo de compactación Proctor Modificado: NTP 339.141 (ASTM D 1557)
- Ensayo de CBR (California Bearing Ratio): NTP 339.145 (ASTM D 1883)

#### **2.4.2. Procedimiento de análisis de datos**

Luego de haber realizado todos los ensayos, seguimos con el procesamiento de datos mediante hojas de cálculo del programa Excel, los cuáles nos facilitaron la obtención de resultados que posteriormente fueron representados en gráficos y tablas dinámicas para poder analizar y llegar finalmente a una conclusión.

## CAPÍTULO III. RESULTADOS

### 3.1. Resultados de Laboratorio

Luego de realizar los ensayos de laboratorio correspondientes, se muestra en este capítulo, los resultados de dichos análisis

#### 3.1.1. Contenido de humedad:

El resultado promedio obtenido en el contenido de humedad es de 25.39% en la muestra de suelo.

#### 3.1.2. Análisis granulométrico por lavado:

A continuación, se muestra los porcentajes pasantes por cada tamiz obtenidos mediante el análisis granulométrico por lavado de la muestra patrón.

Tabla 5

*Análisis granulométrico por lavado*

Tamiz	Abertura	% que pasa
N°4	4.75	99.36
N°10	2.00	95.72
N°20	0.85	91.73
N°30	0.60	88.19
N°40	0.43	83.83
N°60	0.25	75.00
N°100	0.15	65.02
N°200	0.08	52.21



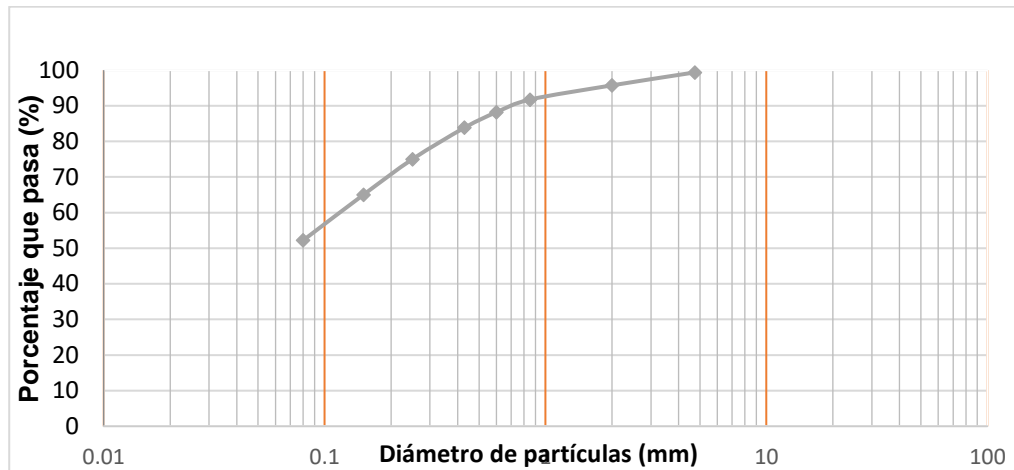


Figura 1. Análisis granulométrico por lavado

### 3.1.3. Límites de Atterberg:

En la tabla N° 08 se presenta los resultados obtenidos en el ensayo de límites de Atterberg para la muestra patrón, específicamente del límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad.

Tabla 6

*Resultados límites de Atterberg*

Límite líquido	Límite plástico	Índice de plasticidad
34.12	15.48	18.64

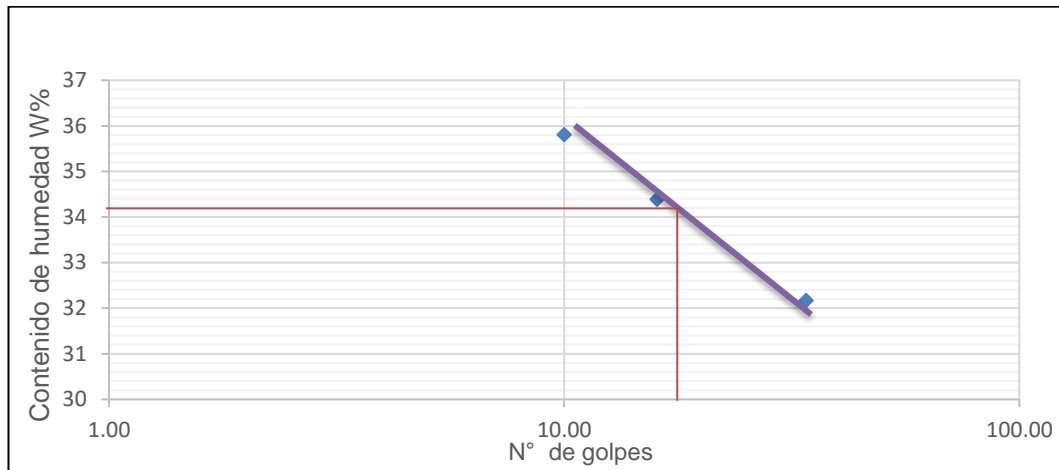


Figura 2. Límites de Atterberg

#### 3.1.4. Peso específico de material fino

El peso específico obtenido es  $1.69 \text{ gr/cm}^3$

#### 3.1.5. Clasificación SUCS (Sistema unificado de clasificación de suelos)

Realizados los ensayos de análisis granulométrico por lavado y el ensayo de límites de Atterberg se procedió a clasificar mediante el Sistema unificado de clasificación de suelos utilizando la carta de plasticidad del suelo en estudio obteniéndose una arcilla de baja a media plasticidad (CL).

#### 3.1.6. Clasificación AASHTO (Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes)

Realizado los ensayos de límites de Atterberg y análisis granulométrico por lavado se procedió a clasificar mediante el sistema AASHTO el suelo en estudio obteniéndose un suelo arcilloso A-6 (7)

Tabla 7

Clasificación de suelos AAHTO

DIVISIÓN GENERAL		Materiales Limo - Arcillosos (más del 35% por el tamiz N° 200)				
GRUPO		A-4	A-5	A-6	A-7	
Subgrupo					A-7-5	A-7-6
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (% que pasa por cada tamiz)						
SERIE	N° 10					
	N° 40					
	N° 200	36 min	36 min	36 min	36 min	36 min
ESTADO DE CONSISTENCIA (de la fracción de suelo que pasa por el tamiz ASTM N° 40)						
Límite líquido		40 max	41 min	40 max	41 min	41 min
Índice de plasticidad		10 max	10 max	11 min	11 min	11 min
ÍNDICE DE GRUPO		8 max	12 max	20 max	20 max	
TIPOLOGÍA		Suelos limosos			Suelos arcillosos	
CALIDAD		ACEPTABLE A MALA				

### 3.1.7. Ensayo de compactación próctor modificado:

En la tabla N° 09 se presenta los resultados obtenidos en el ensayo de límites de Atterberg específicamente del límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad.

Tabla 8

Resultados ensayo de Próctor Modificado

DESCRIPCIÓN	Densidad máxima seca (gr/cm <sup>3</sup> )	Humedad óptima (%)
Muestra patrón	2.296	10.130
Muestra + 2% Cal hidratada	2.291	10.700
Muestra + 4% Cal hidratada	2.391	10.400
Muestra + 6% Cal hidratada	2.168	11.280
Muestra + 4% Cemento Portland tipo I	2.319	10.600
Muestra + 6% Cemento Portland tipo I	2.335	10.400
Muestra + 8% Cemento Portland tipo I	2.350	10.500
Muestra + 4% NaCl	2.391	10.400
Muestra + 8% NaCl	2.330	10.400
Muestra + 12% NaCl	2.300	10.300

### 3.1.8. Ensayo de CBR (California Bearing Ratio):

En la tabla N° 10 se presenta los resultados obtenidos en el ensayo de California Bearing Ratio (CBR) tanto para 0.1” y 0.2”.

Tabla 9

Resultados ensayo de CBR

DESCRIPCIÓN	CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)	
	CBR 0.1"	CBR 0.2"
Muestra patrón	4.60%	5.00%
Muestra + 2% Cal Hidratada	9.05%	9.50%
Muestra + 4% Cal Hidratada	11.15%	11.50%
Muestra + 6% Cal Hidratada	10.50%	11.40%
Muestra + 4% Cloruro de Sodio	4.80%	5.15%
Muestra + 8% Cloruro de Sodio	5.10%	5.50%
Muestra + 12% Cloruro de Sodio	5.10%	5.50%
Muestra + 4% Cemento Portland tipo I	7.00%	7.60%
Muestra + 6% Cemento Portland tipo I	7.70%	8.13%
Muestra + 8% Cemento Portland tipo I	7.70%	8.13%

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1. Discusión de resultados

#### 4.1.1. Próctor modificado

En este ensayo se obtuvieron resultados tanto de la densidad seca como también el óptimo contenido de humedad. La densidad seca máxima presenta un incremento al aumentar la dosificación de cloruro de sodio y cemento portland tipo I, mientras que para los porcentajes de 2% y 6% de cal presentan una leve disminución; por otro lado el óptimo contenido de humedad presenta un aumento en la incorporación de los tres aditivos considerados en esta investigación, estos resultados presentan un comportamiento semejante al que se obtuvo por W. Quinche, W. Caraguay, A. Cartuche & A. Zúñiga en la investigación que realizaron denominada “Estabilización de suelos para uso en vías terrestres” donde concluye que las características de compactación para cada uno de los suelos es estabilizados con sal y cal son similares, debido a que existe un incremento en la densidad seca máxima y una variación en la disminución del contenido óptimo de humedad.

La comparación de los datos obtenidos los cuales se discutieron anteriormente se muestra a continuación:

**Densidad Máxima Seca.** Con respecto a la incorporación de los porcentajes de cal hidratada, la densidad máxima seca carece de una tendencia uniforme, para el suelo con incorporación de cemento portland tipo I aumenta conforme se le añaden los contenidos del mismo y para el suelo con incorporación de cloruro de sodio disminuye conforme se le añaden los contenidos del mismo.

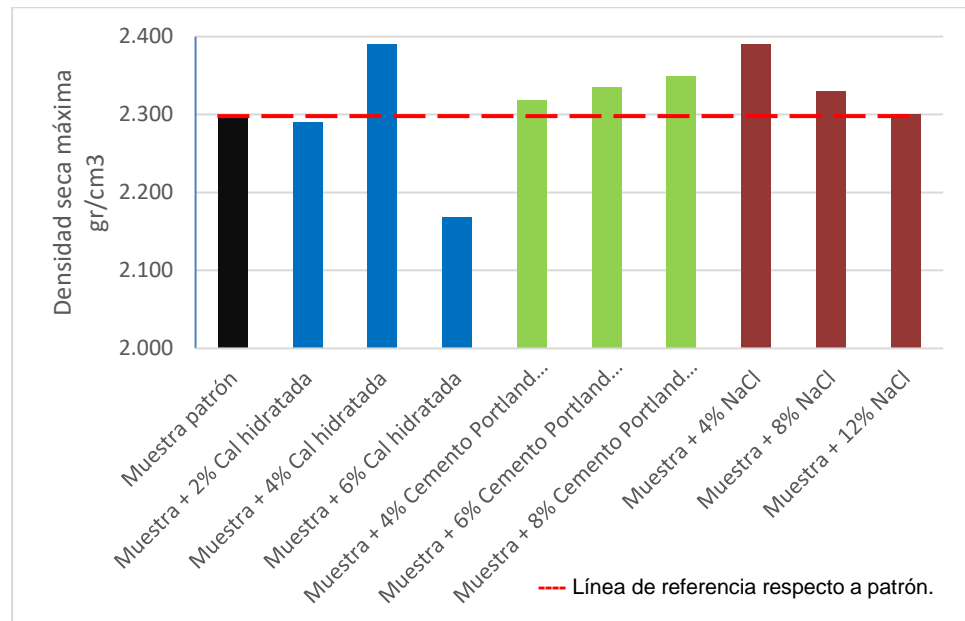


Figura 3. Gráfica de comparación densidad seca máxima

**Óptimo contenido de humedad.** Al observar la figura 4 se puede apreciar que el óptimo contenido de humedad no presenta una tendencia definida al incorporar los porcentajes de cal hidratada y cemento portland tipo I. Por el contrario, al incorporar los porcentajes de cloruro de sodio, el de óptimo contenido humedad presenta una tendencia a disminuir, sin embargo, todas las muestras presentan un aumento por encima de la muestra patrón.

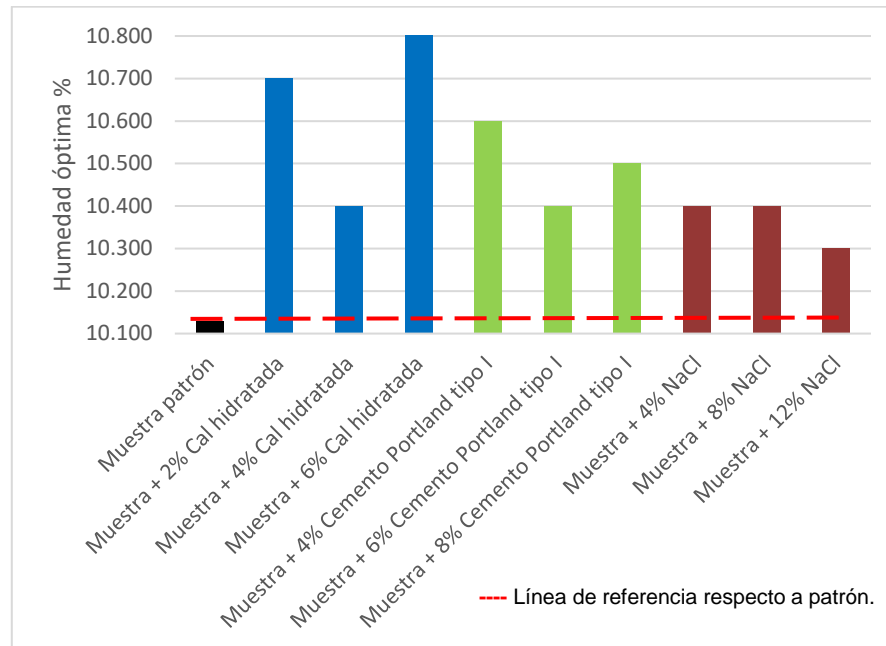


Figura 4. Gráfica de comparación contenido de humedad óptimo

#### 4.1.2. California Bearing Ratio (CBR)

De acuerdo a los resultados obtenidos en el ensayo CBR (California Bearing Ratio) se puede apreciar que el CBR aumenta a un 95% de la máxima densidad seca a 0.1” y 0.2”, para el caso de la incorporación de 2%, 4% y 6% de cal hidratada podemos afirmar la hipótesis de que el CBR aumenta hasta dos veces respecto a la muestra patrón, mientras que para las incorporaciones de 4%, 6% y 8% de cemento portland tipo I aumentó solo hasta en un 10% y para la incorporación de 4%, 8% y 12% de cloruro de sodio aumentó hasta en un 50%.

En los resultados de CBR a 0.1” se puede apreciar un incremento en la adición de cloruro de sodio desde 4.60% de la muestra patrón hasta 5.10% que es la dosificación de 12%, para la cal hidratada se obtuvo un valor máximo de 11.15% que es la dosificación de 6%, y finalmente para la incorporación de cemento portland tipo I aumentó hasta 7.70% que es la dosificación de 8%, con respecto a los resultados



obtenidos de CBR a 0.2” también se puede apreciar un incremento en la adición de cloruro de sodio desde 5.00% de la muestra patrón hasta 5.50% que es la dosificación de 12%, para la cal hidratada se obtuvo un valor máximo de 11.50% que es la dosificación de 6%, y finalmente para la incorporación de cemento portland tipo I aumentó hasta 8.13% que es la dosificación de 8%.

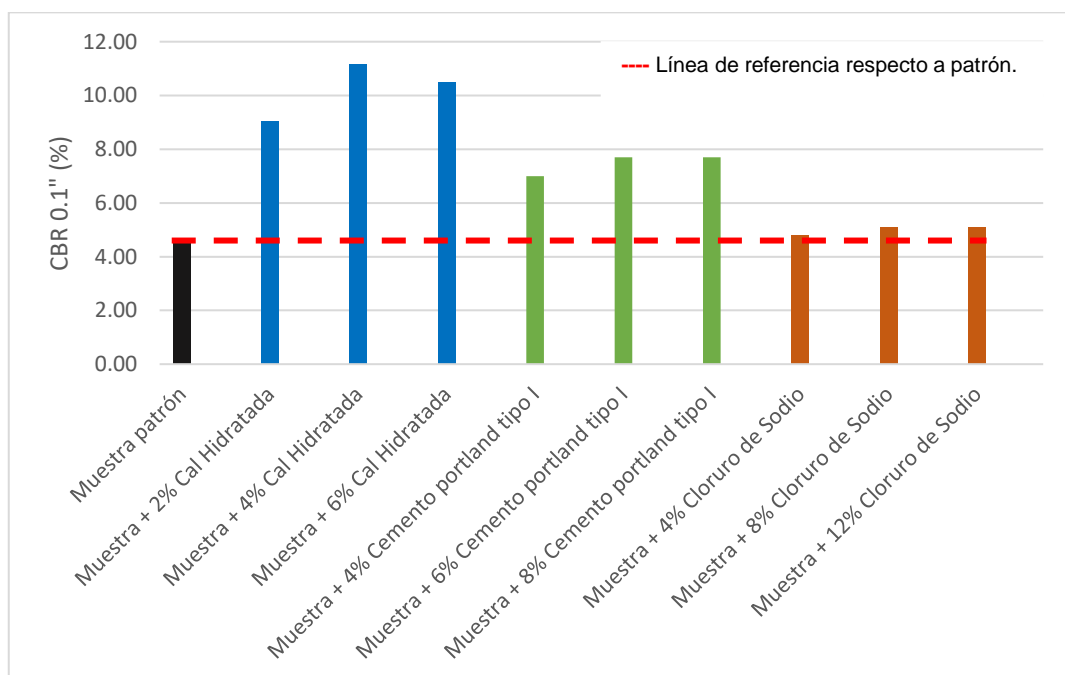


Figura 5. Gráfica de comparación del CBR a 0.1”

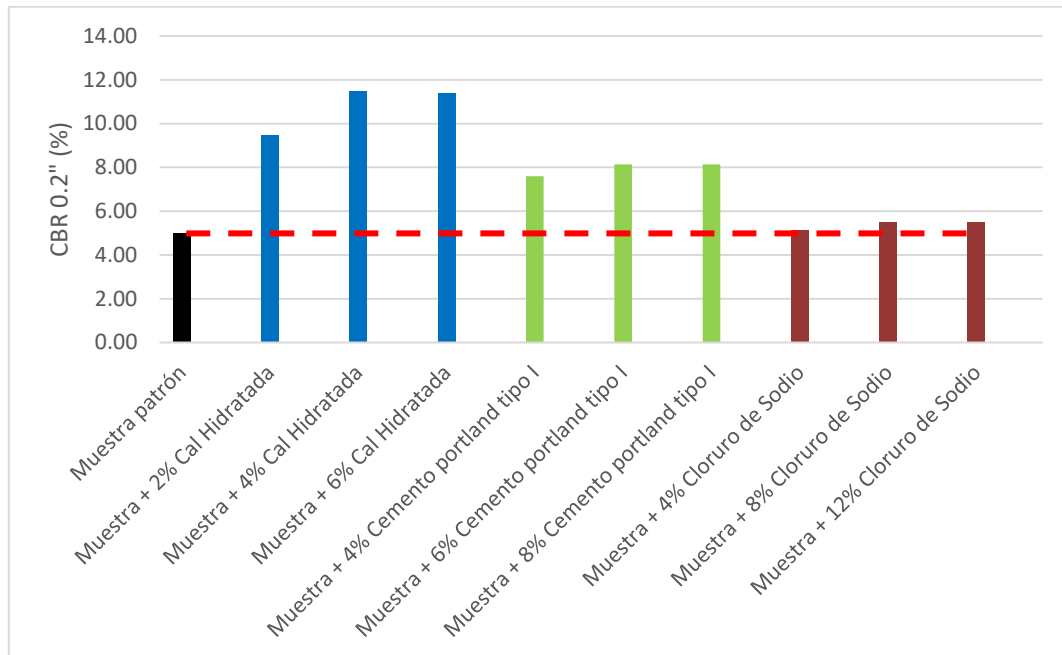


Figura 6. Gráfica de comparación del CBR a 0.2”

Comparando con otras investigaciones similares como la de Beltrán y Copado, en su investigación denominada “Estabilización de un suelo arcilloso con cal hidratada, para ser utilizada como capa de subrasante de pavimentos en la colonia San Juan Capistrano de ciudad de Obregón” concluye que mediante el uso cal para estabilizar químicamente el suelo, se buscó incrementar su capacidad de soporte CBR, cumpliendo con los requerimientos mínimos de la capa subrasante. Para ello se añadió 2.5 % de cal en peso al suelo en su estado natural, y se logró que su valor CBR de 2.20% aumentara hasta en un 22%.

Otra investigación como la que realizó Reyes, denominada “Uso de cloruro de sodio en bases granulares” Dentro de los resultados obtenidos se determinó un incremento de la resistencia (CBR) de 9 veces para una adición del 15% de NaCl; un aumento en la resistencia a la compresión de 100% para el porcentaje de 8% de NaCl y un descenso de la resistencia a tracción para todos los porcentajes de adición.

Estas investigaciones ayudan a reforzar la hipótesis de nuestra investigación que afirma el aumento del CBR del suelo del sector 9 de Cajamarca, con la incorporación de porcentajes de cal hidratada, cloruro de sodio y cemento portland tipo I.

#### 4.2. Conclusiones

- La hipótesis se cumple parcialmente en el caso de la incorporación de 4% y 6% de cal hidratada, aumentando el índice CBR de 4.60% de la muestra patrón a 11.15% y 10.50% respectivamente. Estos valores representan el 242% y 228% del valor obtenido en la muestra patrón.
- El suelo estudiado, de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de suelos (SUCS) es una arcilla de baja a mediana plasticidad (CL) y de acuerdo al sistema AASHTO (Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes) se obtuvo un suelo arcilloso de A-6 (7), lo cual implica tener un terreno inestable, propenso a cambios volumétricos y a asentamientos que podrían afectar a las obras de infraestructura afirmadas sobre él.
- La densidad seca máxima del suelo en estado natural es  $2.30 \text{ gr/cm}^3$ , incorporar 2%, 4% y 6% de cal hidratada se obtuvieron valores de densidad seca máxima de  $2.29 \text{ gr/cm}^3$ ,  $2.39 \text{ gr/cm}^3$  y  $2.17 \text{ gr/cm}^3$  respectivamente; al incorporar cloruro de sodio en 4%, 8% y 12%, se obtuvieron densidad seca máxima de  $2.39 \text{ gr/cm}^3$ ,  $2.33 \text{ gr/cm}^3$  y  $2.30 \text{ gr/cm}^3$  respectivamente; al incorporar Cemento Portland tipo I en 4%, 6% y 8%, se obtuvieron densidad seca máxima de  $2.32 \text{ gr/cm}^3$ ,  $2.34 \text{ gr/cm}^3$  y  $2.35 \text{ gr/cm}^3$  respectivamente. Estos valores son muy cercanos al de nuestra

muestra patrón, por tanto, no existirán cambios significativos en diseños que usen este parámetro.

## REFERENCIAS

- Cañar Tiviano E. (2006). *Análisis comparativo de la resistencia al corte y estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinadas con ceniza de carbón*. (Tesis de titulación). Universidad Técnica de Ambato.
- Castro Cuadra A. (2017). *Análisis comparativo de la resistencia al corte y estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinadas con ceniza de carbón*. (Tesis de titulación). Universidad Nacional de Ingeniería.
- Municipalidad Provincial de Cajamarca. (2016). *Análisis y caracterización de los aspectos ambientales*. Cajamarca: Municipalidad Provincial de Cajamarca.
- Jara Anyaypoma R. (2014). *Efecto de la cal como estabilizante de una subrasante de suelo arcilloso*. (Tesis de titulación). Universidad Nacional de Cajamarca.
- Altamirano Navarro G. (2015). *Estabilización de suelos cohesivos por medio de Cal en las Vías de la comunidad de San Isidro del Pegón, municipio Potosí- Rivas*. (Tesis de titulación). Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.
- Velázquez Pereyra, C. (2018). *Influencia del cemento portland tipo i en la estabilización del suelo arcilloso de la subrasante de la avenida Dinamarca, sector La Molina*. (Tesis de titulación). Universidad Nacional de Cajamarca.
- HOLCIM. (2003). Cemento hidráulico Tipo MH para estabilización de suelos. Quito: Holcim Ecuador S.A.
- IECA. (2008). Estabilización de suelos con cemento o cal. Madrid. 1 p.
- ISCYC. (2006). Suelo-Cemento. Impresos litográficos de CA, San Salvador. 2p.
- MTC E 1109 (2004). Norma técnica de estabilizadores químicos.
- MTC (2008). Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

Murillo, E. (2000). *Estudio geológico - geotécnico de la inestabilidad del suelo que afecta al complejo arqueológico Cojitambo*, estabilización y medidas de mitigación. Cuenca, EC.

NTP 339.127 (1999). Contenido de humedad.

NTP 339.128 (1999). Análisis granulométrico.

NTP 339.129 (1999). Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos.

NTP 339.134 (1999). Clasificación SUCS.

NTP 339.141 (1999). Método de ensayo Proctor modificado.

NTP 339.145 (1999). Método de ensayo de CBR (Relación de soporte de califonia) de suelos compactados en laboratorio.

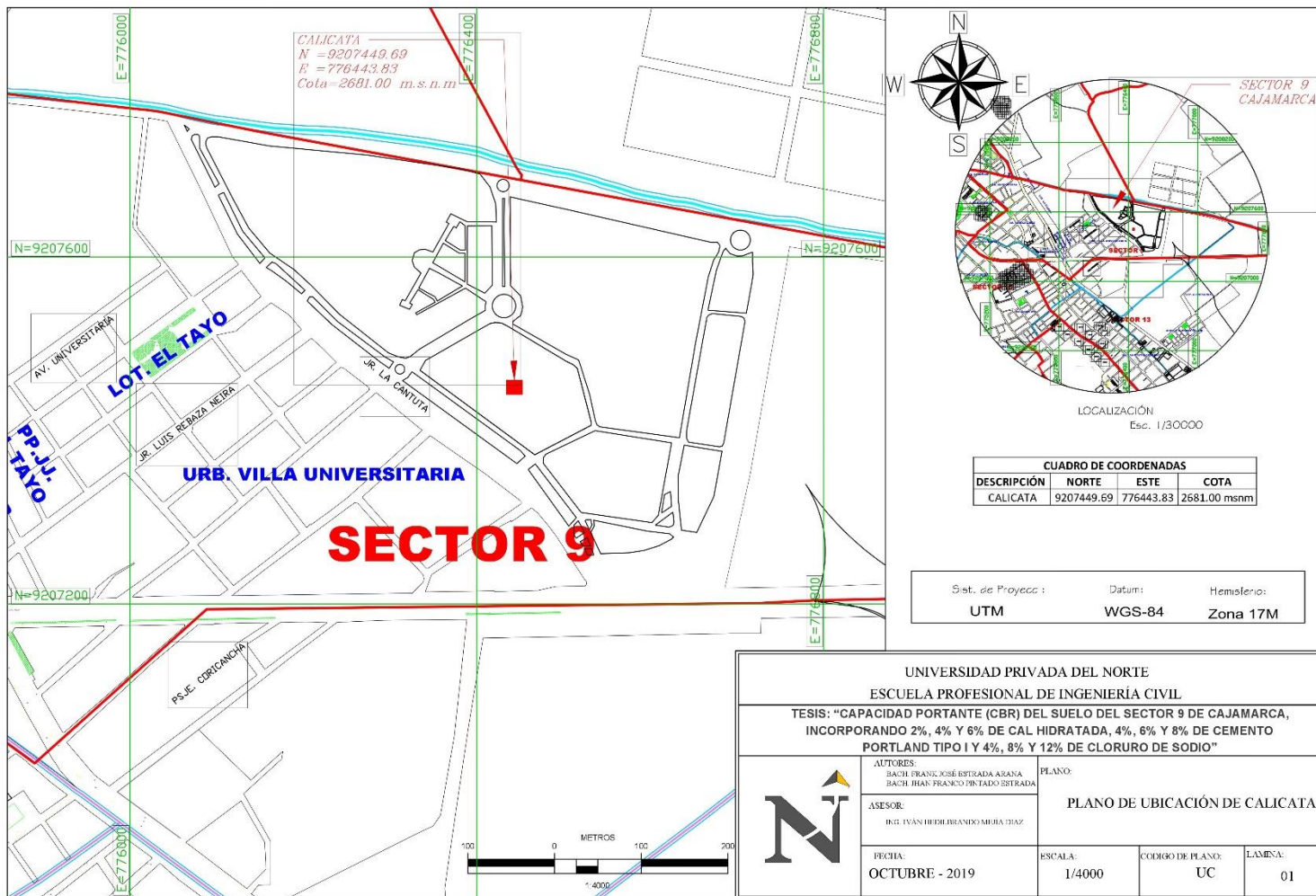
“Capacidad portante (CBR) del suelo del sector 9 de Cajamarca, incorporando 2%, 4% y 6% de Cal Hidratada, 4%, 6% y 8% de Cemento Portland tipo I y 4%, 8% y 12% de Cloruro de Sodio”

## ANEXOS


“Capacidad portante (CBR) del suelo del sector 9 de Cajamarca, incorporando 2%, 4% y 6% de Cal Hidratada, 4%, 6% y 8% de Cemento Portland tipo I y 4%, 8% y 12% de Cloruro de Sodio”

## PLANO DE UBICACIÓN





## **PROTOCOLOS DE ENSAYOS**

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA					
PROTOCOLO					
	<b>ENSAYO:</b>	CONTENIDO DE HUMEDAD			<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b>
	<b>NORMA:</b>	MTC E 108 / ASTM D2216 / NTP 339.127			CH-LS-UPNC: .....
	<b>TESIS:</b>	“CAPACIDAD PORTANTE (CBR) DEL SUELO DEL SECTOR 9 DE CAJAMARCA, INCORPORANDO 2%, 4% Y 6% DE CAL HIDRATADA, 4%, 6% Y 8% DE CEMENTO PORTLAND TIPO I Y 4%, 8% Y 12% DE CLORURO DE SODIO”			
CALICATA:	C-1	ESTRATO:	E-1	TIPO DE MATERIAL:	Arcilloso
UBICACIÓN:	SECTOR 9			COLOR DE MATERIAL:	Marrón
FECHA DE MUESTREO:	25/06/2018			RESPONSABLE:	Jhan Franco Pintado Estrada
FECHA DE ENSAYO:	09/07/2018			REVISADO POR:	Ing. Erick Rafael Muñoz Barboza



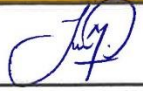
<u>Temperatura de Secado</u>	<u>Método</u>
60 °C / 110 °C / Ambiente	Horno 110 ± 5 °C


  

CONTENIDO DE HUMEDAD					
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	Identificación del recipiente o Tara		T1	T2	T3
B	Peso del Recipiente	gr	27.30	27.40	27.20
C	Recipiente + Suelo Húmedo	gr	113.50	112.30	112.90
D	Recipiente + Suelo Seco	gr	95.80	95.10	95.80
E	Peso del suelo húmedo (Ww) C - B	gr	86.20	84.90	85.70
F	Peso Suelo Seco (Ws) D - B	gr	68.50	67.70	68.60
W%	Porcentaje de humedad (E / F) * 100	%	25.84	25.41	24.93
G	Promedio Porcentaje Humedad	%	25.39		

$$(W\%) = \frac{Ww}{Ws} * 100$$
  

OBSERVACIONES:		
<b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>	<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>	<b>ASESOR</b>
	 ING. ERICK RAFAEL MUÑOZ BARBOZA Laboratorio especializado de Ing. Civil UPN-C	
NOMBRE: Jhan Franco Pintado Estrada	NOMBRE: Ing. Erick Rafael Muñoz Barboza	NOMBRE: Ing. Iván Mejía Díaz
FECHA: 09/07/2018	FECHA: 09/07/2018	FECHA: 09/07/2018

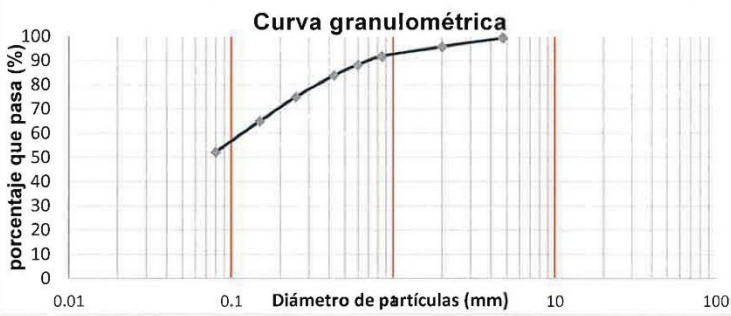
LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA					
	PROTOCOLO				
	ENSAYO:	ANÁLISIS GRANULOMETRÍA MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO			CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	NORMA:	ASTM D421			AGTL-LS-UPNC: .....
	TESIS:	"CAPACIDAD PORTANTE (CBR) DEL SUELO DEL SECTOR 9 DE CAJAMARCA, INCORPORANDO 2%, 4% Y 6% DE CAL HIDRATADA, 4%, 6% Y 8% DE CEMENTO PORTLAND TIPO I Y 4%, 8% Y 12% DE CLORURO DE SODIO"			
CALICATA:	C-1	ESTRATO:	E-1	TIPO DE MATERIAL:	Arcilloso
UBICACIÓN:	SECTOR 9			COLOR DE MATERIAL:	Marrón
FECHA DE MUESTREO:	25/06/2018			RESPONSABLE:	Jhan Franco Pintado Estrada
FECHA DE ENSAYO:	10/10/2018			REVISADO POR:	Ing. Erick Rafael Muñoz Barboza

Peso de muestra seca; Ws	200.00	gr
--------------------------	--------	----




ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO					
Tamiz	Abertura	Peso Retenido	% RP	%RA	% que pasa
Nº 4	4,76	1.28	0.64	0.64	99.36
Nº10	2	7.28	3.64	4.28	95.72
Nº20	0,84	7.98	3.99	8.27	91.73
Nº30	0,59	7.08	3.54	11.81	88.19
Nº40	0,42	8.72	4.36	16.17	83.83
Nº60	0,25	17.65	8.83	25.00	75.00
Nº100	0,15	19.98	9.99	34.98	65.02
Nº200	0,074	25.70	12.80	47.79	52.21
Perdida	Lavado	104.43	52.21	100.00	0.00
Total		200.00			


**Curva granulométrica**

Y-axis: porcentaje que pasa (%)  
X-axis: Diámetro de partículas (mm)

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
	 ING. ERICK RAFAEL MUÑOZ BARBOZA	
NOMBRE: Jhan Pintado Estrada	NOMBRE: Ing. Erick Rafael Muñoz Barboza	NOMBRE: Ing. Iván Mejía Díaz
FECHA: 12/11/2018	FECHA: 12/11/18	FECHA: 12/11/2018



LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA					
PROTOCOLO					
	<b>ENSAYO:</b>		PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE SÓLIDOS		<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b> PERS-LS-UPNC: .....
	<b>NORMA:</b>		MTC E 113 / ASTM D854 / NTP 339.131		
	<b>PROYECTO:</b>				
CALICATA:	C-1	ESTRATO:	E-1	TIPO DE MATERIAL:	Arcilloso
UBICACIÓN:	SECTOR 9		COLOR DE MATERIAL:	Marrón	
FECHA DE MUESTREO:	25/06/2018		RESPONSABLE:	Jhan Franco Pintado Estrada	
FECHA DE ENSAYO:	09/07/2018		REVISADO POR:	Ing. Erick Rafael Muñoz Barboza	



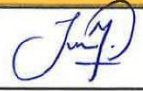
  


NORMA: MTC E 113 – 1999, ASTM D854, NTP 339 – 131

PESO ESPECÍFICO DE ARENA GRUESA Y GRAVA				
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2
A	Identificación de la Muestra		M1	M2
B	Peso de la Muestra Seca	gr	91.1	99.30
C	Peso de Fiola + Agua (500ml)	cm <sup>3</sup>	673.60	734.80
D	Peso de Fiola + Agua + Muestra seca	cm <sup>3</sup>	727.80	793.09
E	Peso de Fiola + Agua - Aire	cm <sup>3</sup>	0.12	0.13
F	Peso Específico ( $\gamma = ((B / (D + C - E)))$ )	gr/cm <sup>3</sup>	1.68	1.70
G	Promedio del Peso Específico " $\gamma$ "	gr/cm <sup>3</sup>	1.69	

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
	 ING. ERICK RAFAEL MUÑOZ BARBOZA Laboratorio de Suelos y Geotecnia de Ing. Civil UPN-C	
NOMBRE: Jhan Pintado Estrada	NOMBRE: Erick Rafael Muñoz Barboza	NOMBRE: Ing. Iván Mejía Díaz
FECHA: 09/07/2018	FECHA: 09/07/2018	FECHA: 09/07/2018

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA					
PROTOCOLO					
	<b>ENSAYO:</b>	LÍMITES DE PLASTICIDAD			<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b>
	<b>NORMA:</b>	ASTM D4318 / NTP E339.130 – NTP E111			LP-LS-UPNC: .....
	<b>TESIS:</b>	“CAPACIDAD PORTANTE (CBR) DEL SUELO DEL SECTOR 9 DE CAJAMARCA, INCORPORANDO 2%, 4% Y 6% DE CAL HIDRATADA, 4%, 6% Y 8% DE CEMENTO PORTLAND TIPO I Y 4%, 8% Y 12% DE CLORURO DE SODIO”			
CALICATA:	C-1	ESTRATO:	E-1	TIPO DE MATERIAL:	Arcilloso
UBICACIÓN:	SECTOR 9			COLOR DE MATERIAL:	Marrón
FECHA DE MUESTREO:	25/06/2018			RESPONSABLE:	Jhan Franco Pintado Estrada
FECHA DE ENSAYO:	09/07/2018			REVISADO POR:	Ing. Erick Rafael Muñoz Barboza

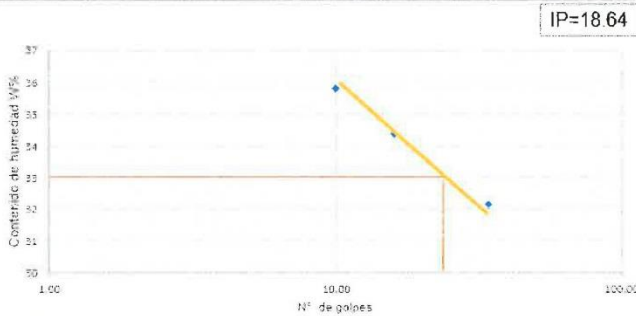
DETERMINACIÓN LÍMITE LÍQUIDO (LL)					
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	Identificación de Recipiente	Nº	T1	T2	T3
B	Suelo Húmedo + Recipiente	gr	58.80	61.50	65.20
C	Suelo Seco + Recipiente	gr	50.60	52.80	56.00
D	Peso de Recipiente	gr	27.70	27.50	27.40
E	Peso del Agua	gr	8.20	8.70	9.20
F	Peso Suelo Seco	gr	22.90	25.30	28.60
G	Número de Golpes	N	10.00	16.00	34.00
H	Contenido de Humedad	%	35.81	34.39	32.17
I	Promedio Límite Líquido	%	34.12		



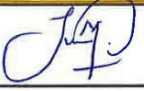
DETERMINACIÓN LÍMITE PLÁSTICO (LP)				
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2
A	Identificación de Recipiente	Nº	T4	T5
B	Suelo Húmedo + Tara	gr	28.80	29.90
C	Suelo Seco + Tara	gr	28.60	29.70
D	Peso de Tara	gr	27.40	28.30
E	Peso del Agua	gr	0.20	0.20
F	Peso Suelo Seco	gr	1.20	1.40
G	Contenido de Humedad	%	16.67	14.29
H	Promedio Límite Plástico	%	15.48	

IP=18.64



OBSERVACIONES:		
<b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>	<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>	<b>ASESOR</b>
	 ING. ERICK RAFAEL MUÑOZ BARBOZA Laboratorios especializados de IB, CI, IPN-L	
NOMBRE: Jhan Pintado Estrada	NOMBRE: Ing. Erick Rafael Muñoz Barboza	NOMBRE: Ing. Iván Mejía Díaz
FECHA: 09/07/2018	FECHA: 09/07/2018	FECHA: 09/07/2018





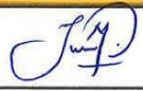
“Capacidad portante (CBR) del suelo del sector 9 de Cajamarca, incorporando 2%, 4% y 6% de Cal Hidratada, 4%, 6% y 8% de Cemento Portland tipo I y 4%, 8% y 12% de Cloruro de Sodio”

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA						
PROTOCOLO						
ENSAYO:		CLASIFICACIÓN DE SUELOS UNIFICADOS SUCS			CÓDIGO DEL DOCUMENTO:	
NORMA:		ASTM D2487 / NTP 339.134			SUCS-LS-UPNC: .....	
PROYECTO:		"CAPACIDAD PORTANTE (CBR) DEL SUELO DEL SECTOR 9 DE CAJAMARCA, INCORPORANDO 2%, 4% Y 6% DE CAL HIDRATADA, 4%, 6% Y 8% DE CEMENTO PORTLAND TIPO I Y 4%, 8% Y 12% DE CLORURO DE SODIO"				
CALICATA:	C-1	ESTRATO:	E-1	TIPO DE MATERIAL:	Arcilloso	
UBICACIÓN:	SECTOR 9		COLOR DE MATERIAL:	Marrón		
FECHA DE MUESTREO:	25/06/2018		RESPONSABLE:	Jhan Franco Pintado Estrada		
FECHA DE ENSAYO:	09/11/2018		REVISADO POR:	Ing. Erick Rafael Muñoz Barboza		


  

DIVISIONES PRINCIPALES			SÍMBOLOS DEL GRUPO	NOMBRES TÍPICOS	IDENTIFICACIÓN DE LABORATORIO	
SUELOS DE GRANO GRUESO	GRAVAS	GRAVAS LIMPIAS (sin o con pocos finos)	GW	Gravas, bien graduadas, mezclas grava – arena, pocos finos o sin finos.	Determinar porcentaje de grava y arena en la curva granulométrica según el porcentaje de finos (fracción inferior al tamiz N°200). Los suelos de grano grueso se clasifican como sigue:	Cu = $D_{60} / D_{10} > 4$ Cc = $(D_{30})^2 / D_{10} * D_{60}$ entre 1 y 3
			GP	Gravas mal graduadas, mezclas grava – arena, pocos finos o sin finos.		No cumplen con las especificaciones de granulometría para GW
			GM	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo		Límites de atterberg debajo de la línea A o IP < 4
			GC	Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.		Límites de atterberg sobre la línea A con IP > 7
	ARENAS	ARENAS LIMPIAS (pocos o sin finos)	SW	Areñas bien graduadas, areñas con grava, pocos finos o sin finos.	<5% - >GW,GP,SW,SP	Cu = $D_{60} / D_{10} > 6$ Cc = $(D_{30})^2 / D_{10} * D_{60}$ entre 1 y 3
			SP	Areñas mal graduadas, areñas con grava, pocos finos o sin finos.	>12% - >GM,GC,SM,SC	Cuando no se cumplen simultáneamente las condiciones para SW
			SM	Areñas limosas, mezclas de arena y limo.	5 al 12% ->casos límite que requieren usar doble símbolo	Límites de atterberg debajo de la línea A o IP < 4
			SC	Areñas arcillosas, mezclas arena – arcilla.		Límites de atterberg sobre la línea A con IP > 7
MÁS DE LA MITAD DEL MATERIAL RETENIDO EN EL TAMIZ N° 200	ARENAS CON FINOS (apreciable cantidad de finos)					Encima de la línea A con IP entre 4 y 7 son casos límite que requieren doble símbolo
						Los límites situados en la zona rayada con IP entre 4 y 7 son casos intermedios que precisan de doble símbolo.

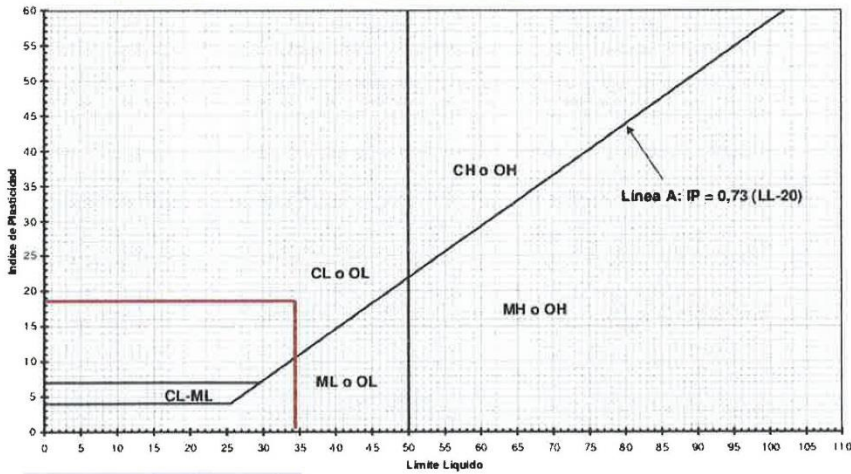
OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
	 ING. ERICK RAFAEL MUÑOZ BARBOZA Laboratorio de Suelos de la UPNC	
NOMBRE: Jhan Pinto Estrada	NOMBRE: Ing. Erick Rafael Muñoz Barboza	NOMBRE: Ing. Iván Mejía Díaz
FECHA: 12/11/2018	FECHA: 12/11/2018	FECHA: 12/11/2018

“Capacidad portante (CBR) del suelo del sector 9 de Cajamarca, incorporando 2%, 4% y 6% de Cal Hidratada, 4%, 6% y 8% de Cemento Portland tipo I y 4%, 8% y 12% de Cloruro de Sodio”

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA				
PROTOCOLO				
	ENSAYO:	CLASIFICACIÓN DE SUELOS UNIFICADOS SUCS		CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	NORMA:	ASTM D2487 / NTP 339.134		SUCS-LS-UPNC: .....
	PROYECTO:	“CAPACIDAD PORTANTE (CBR) DEL SUELO DEL SECTOR 9 DE CAJAMARCA, INCORPORANDO 2%, 4% Y 6% DE CAL HIDRATADA, 4%, 6% Y 8% DE CEMENTO PORTLAND TIPO I Y 4%, 8% Y 12% DE CLORURO DE SODIO”		
CALICATA:	C-1	ESTRATO:	E-1	TIPO DE MATERIAL:
UBICACIÓN:	SECTOR 9		COLOR DE MATERIAL:	Marrón
FECHA DE MUESTREO:	25/06/2018		RESPONSABLE:	Jhan Franco Pintado Estrada
FECHA DE ENSAYO:	09/11/2018		REVISADO POR:	Ing. Erick Rafael Muñoz Barboza

SUELOS DE GRANO FINO	LIMOS Y ARCILLAS	ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosas, o limos arcillosos con ligera plasticidad
Más de la mitad del material pasa por el tamiz N° 200  LÍMITE LÍQUIDO < 50 LIMOS Y ARCILLAS  LÍMITE LÍQUIDO > 50  Suelos muy Orgánicos		CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas
		OL	Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad
		MH	Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica, limos elásticos.
		CH	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta
		OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media elevada, limos orgánicos.
		PT	Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.

Indice de Plasticidad

Límite Líquido

Línea A:  $IP = 0.73 (LL - 20)$

CL o OL




CH o OH

MH o OH

ML o OL

CL-ML

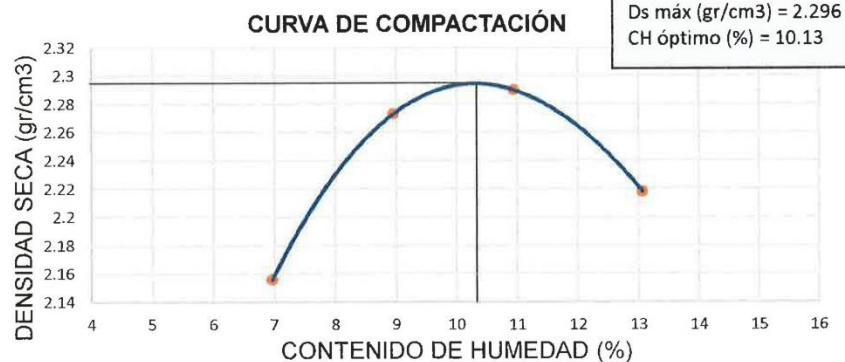
  

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
	 ING. ERICK RAFAEL MUÑOZ BARBOZA Ingeniero de Suelos y Geotecnia - Ing. Civil UPN-C	
NOMBRE: Jhan Pintado Estrada	NOMBRE: Ing. Erick Rafael Muñoz Barboza	NOMBRE: Ing. Iván Mejía Díaz
FECHA: 12/11/2018	FECHA: 12/11/2018	FECHA: 12/11/2018



LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
<b>ENSAYO:</b>	COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO		<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b>
<b>NORMA:</b>	MTC E115 / ASTM D1557 / NTP 339.141		CPM-LS-UPNC: .....
<b>TESIS:</b>	"CAPACIDAD PORTANTE (CBR) DEL SUELO DEL SECTOR 9 DE CAJAMARCA, INCORPORANDO 2%, 4% Y 6% DE CAL HIDRATADA, 4%, 6% Y 8% DE CEMENTO PORTLAND TIPO I Y 4%, 8% Y 12% DE CLORURO DE SODIO"		
<b>CALICATA:</b>	C-1	<b>ESTRATO:</b>	E-1
<b>UBICACIÓN:</b>	SECTOR 9		<b>TIPO DE MATERIAL:</b>
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	25/06/2018	<b>RESPONSABLE:</b>	Jhan Franco Pintado Estrada
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	12/07/2018	<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Erick Rafael Muñoz Barboza

COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO – SUELO SIN INCORPORACIONES										
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3		4	
A	Peso Molde	gr	4175.00		4175.00		4175.00		4175.00	
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	6351.99		6512.78		6573.29		6542.26	
C	Peso Muestra Húmeda	gr	2176.99		2337.78		2398.29		2367.26	
D	Volumen Muestra húmeda	cm <sup>3</sup>	944.00		944.00		944.00		944.00	
F	Densidad húmeda; Dh	gr/cm <sup>3</sup>	2.31		2.48		2.54		2.51	
G	Recipiente	Nº	a	b	a	b	a	b	a	b
H	Peso Recipiente	gr	27.78	26.95	28.05	27.23	27.78	26.68	27.73	26.89
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	81.42	91.92	80.50	102.18	121.20	69.07	55.14	116.82
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	77.88	87.75	76.05	96.23	111.78	64.99	51.88	106.76
K	Peso del Agua	gr	3.54	4.17	4.45	5.96	9.42	4.09	3.27	10.07
L	Peso Muestra seca	gr	50.10	60.80	48.00	69.00	84.00	38.31	24.15	79.87
M	Contenido de Humedad W%	%	7.07	6.86	9.27	8.63	11.22	10.66	13.52	12.60
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	6.96		8.95		10.94		13.06	
O	Densidad Seca Máxima; Ds Max	gr/cm <sup>3</sup>	2.156		2.273		2.290		2.218	

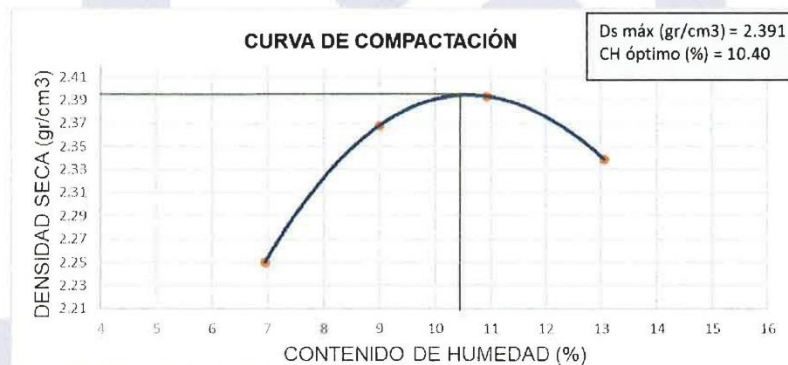


**OBSERVACIONES:**

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
NOMBRE: Jhan Pintado Estrada	NOMBRE: Ing. Erick Rafael Muñoz Barboza	NOMBRE: Ing. Iván Mejía Díaz
FECHA: 12/07/2018	FECHA: 12/07/2018	FECHA: 12/07/2018

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
<b>ENSAYO:</b>	COMPATACIÓN PROCTOR MODIFICADO		<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b>
<b>NORMA:</b>	MTC E115 / ASTM D1557 / NTP 339.141		CPM-LS-UPNC: .....
<b>TESIS:</b>	"CAPACIDAD PORTANTE (CBR) DEL SUELO DEL SECTOR 9 DE CAJAMARCA, INCORPORANDO 2%, 4% Y 6% DE CAL HIDRATADA, 4%, 6% Y 8% DE CEMENTO PORTLAND TIPO I Y 4%, 8% Y 12% DE CLORURO DE SODIO"		
<b>CALICATA:</b>	C-1	<b>ESTRATO:</b>	E-1
<b>UBICACIÓN:</b>	SECTOR 9		<b>TIPO DE MATERIAL:</b>
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	25/06/2018		<b>RESPONSABLE:</b>
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	12/07/2018		<b>REVISADO POR:</b>
			Arcilloso
			Marrón
			Frank José Estrada Arana
			Ing. Erick Rafael Muñoz Barboza

COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO - SUELO + 4% NaCl										
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3		4	
A	Peso Molde	gr	4175.00		4175.00		4175.00		4175.00	
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	6446.98		6611.62		6681.28		6671.26	
C	Peso Muestra Húmeda	gr	2271.98		2436.62		2506.28		2496.26	
D	Volumen Muestra húmeda	cm <sup>3</sup>	944.00		944.00		944.00		944.00	
F	Densidad húmeda; Dh	gr/cm <sup>3</sup>	2.41		2.58		2.65		2.64	
G	Recipiente	Nº	a		b		a		b	
H	Peso Recipiente	gr	27.89	26.87	28.13	27.12	27.89	26.62	27.82	26.80
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	93.20	89.20	110.20	96.00	79.80	62.70	103.20	94.10
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	88.90	85.20	103.20	90.50	74.60	59.20	94.20	86.60
K	Peso del Agua	gr	4.30	4.00	7.00	5.50	5.20	3.50	9.00	7.50
L	Peso Muestra seca	gr	61.02	58.33	75.07	63.39	46.72	32.58	66.38	59.80
M	Contenido de Humedad W%	%	7.05	6.86	9.32	8.68	11.13	10.74	13.56	12.54
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	6.95		9.00		10.94		13.05	
O	Densidad Seca Máxima; Ds Max	gr/cm <sup>3</sup>	2.250		2.368		2.393		2.339	



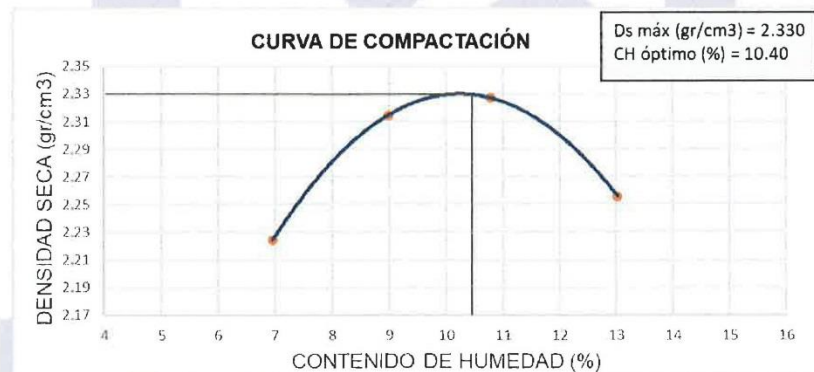
**OBSERVACIONES:**

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
NOMBRE: Frank José Estrada Arana	NOMBRE: Ing. Erick Rafael Muñoz Barboza	NOMBRE: Ing. Iván Mejía Díaz
FECHA: 12/07/2018	FECHA: 12/07/2018	FECHA: 12/07/2018



LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
<b>ENSAYO:</b>	COMPATACIÓN PROCTOR MODIFICADO		<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b>
<b>NORMA:</b>	MTC E115 / ASTM D1557 / NTP 339.141		CPM-LS-UPNC: .....
<b>TESIS:</b>	"CAPACIDAD PORTANTE (CBR) DEL SUELO DEL SECTOR 9 DE CAJAMARCA, INCORPORANDO 2%, 4% Y 6% DE CAL HIDRATADA, 4%, 6% Y 8% DE CEMENTO PORTLAND TIPO I Y 4%, 8% Y 12% DE CLORURO DE SODIO"		
<b>CALICATA:</b>	C-1	<b>ESTRATO:</b>	E-1
<b>UBICACIÓN:</b>	SECTOR 9		<b>TIPO DE MATERIAL:</b>
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	25/06/2018		Arcilloso
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	11/07/2018		<b>RESPONSABLE:</b>
			Frank José Estrada Arana
			<b>REVISADO POR:</b>
			Ing. Erick Rafael Muñoz Barboza

COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO - SUELO + 8% NaCl										
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3		4	
A	Peso Molde	gr	4175.00		4175.00		4175.00		4175.00	
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	6420.54		6556.07		6608.37		6581.60	
C	Peso Muestra Húmeda	gr	2245.54		2381.07		2433.37		2406.60	
D	Volumen Muestra húmeda	cm <sup>3</sup>	944.00		944.00		944.00		944.00	
F	Densidad húmeda; Dh	gr/cm <sup>3</sup>	2.38		2.52		2.58		2.55	
G	Recipiente	Nº	a	b	a	b	a	b	a	b
H	Peso Recipiente	gr	27.86	27.20	27.80	27.14	27.86	26.57	27.80	27.16
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	88.70	66.10	71.10	106.50	118.30	98.10	89.50	74.20
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	84.70	63.60	67.40	100.20	109.30	91.30	82.10	69.00
K	Peso del Agua	gr	4.00	2.50	3.70	6.30	9.00	6.80	7.40	5.20
L	Peso Muestra seca	gr	56.84	36.40	39.60	73.06	81.44	64.74	54.30	41.84
M	Contenido de Humedad W%	%	7.04	6.87	9.34	8.62	11.05	10.50	13.63	12.43
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	6.95		8.98		10.78		13.03	
O	Densidad Seca Máxima; Ds Max	gr/cm <sup>3</sup>	2.224		2.314		2.327		2.256	

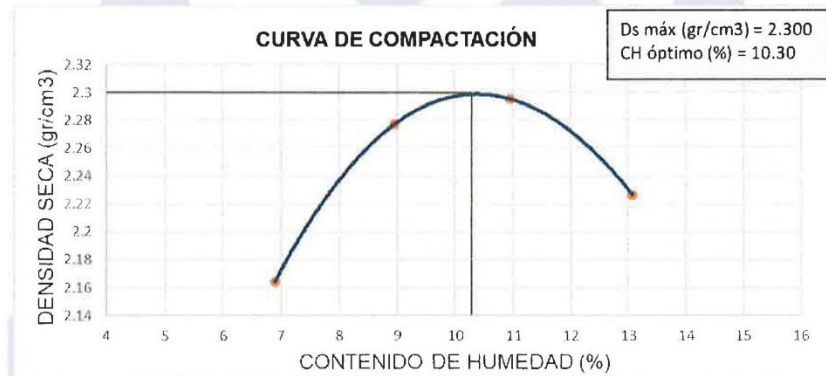


**OBSERVACIONES:**

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
NOMBRE: Frank José Estrada Arana	NOMBRE: Ing. Erick Rafael Muñoz Barboza	NOMBRE: Ing. Iván Mejía Díaz
FECHA: 12/07/2018	FECHA: 12/07/2018	FECHA: 12/07/2018

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
<b>ENSAYO:</b>	COMPATACIÓN PROCTOR MODIFICADO		<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b>
<b>NORMA:</b>	MTC E115 / ASTM D1557 / NTP 339.141		CPM-LS-UPNC: .....
<b>TESIS:</b>	"CAPACIDAD PORTANTE (CBR) DEL SUELO DEL SECTOR 9 DE CAJAMARCA, INCORPORANDO 2%, 4% Y 6% DE CAL HIDRATADA, 4%, 6% Y 8% DE CEMENTO PORTLAND TIPO I Y 4%, 8% Y 12% DE CLORURO DE SODIO"		
<b>CALICATA:</b>	C-1	<b>ESTRATO:</b>	E-1
<b>UBICACIÓN:</b>	SECTOR 9		<b>TIPO DE MATERIAL:</b>
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	25/06/2018		Arcilloso
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	11/07/2018		<b>RESPONSABLE:</b>
			Frank José Estrada Arana
			<b>REVISADO POR:</b>
			Ing. Erick Rafael Muñoz Barboza

COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO - SUELO + 12% NaCl										
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3		4	
A	Peso Molde	gr	4175.00		4175.00		4175.00		4175.00	
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	6359.09		6517.08		6579.15		6551.60	
C	Peso Muestra Húmeda	gr	2184.09		2342.08		2404.15		2376.60	
D	Volumen Muestra húmeda	cm <sup>3</sup>	944.00		944.00		944.00		944.00	
F	Densidad húmeda; Dh	gr/cm <sup>3</sup>	2.31		2.48		2.55		2.52	
G	Recipiente	Nº	a	b	a	b	a	b	a	b
H	Peso Recipiente	gr	27.80	26.94	28.06	27.20	27.80	26.57	27.75	26.87
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	72.90	87.20	109.50	126.30	103.70	121.30	123.50	67.00
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	70.00	83.30	102.60	118.40	96.00	112.20	112.10	62.50
K	Peso del Agua	gr	2.90	3.90	6.90	7.90	7.70	9.10	11.40	4.50
L	Peso Muestra seca	gr	42.20	56.36	74.54	91.20	68.20	85.64	84.35	35.63
M	Contenido de Humedad W%	%	6.87	6.92	9.26	8.66	11.29	10.63	13.52	12.63
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	6.90		8.96		10.96		13.07	
O	Densidad Seca Máxima; Ds Max	gr/cm <sup>3</sup>	2.164		2.277		2.295		2.227	



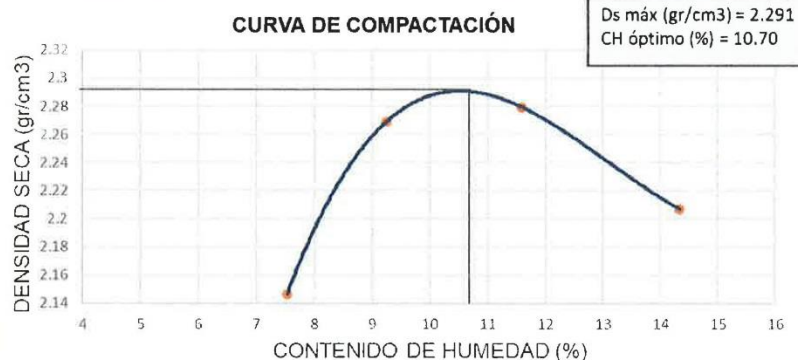
**OBSERVACIONES:**

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
NOMBRE: Frank José Estrada Arana	NOMBRE: Ing. Erick Rafael Muñoz Barboza	NOMBRE: Ing. Iván Mejía Díaz
FECHA: 11/07/2018	FECHA: 12/07/2018	FECHA: 12/07/2018




LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
<b>ENSAYO:</b>	COMPATACIÓN PROCTOR MODIFICADO		<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b>
<b>NORMA:</b>	MTC E115 / ASTM D1557 / NTP 339.141		CPM-LS-UPNC: .....
<b>TESIS:</b>	"CAPACIDAD PORTANTE (CBR) DEL SUELO DEL SECTOR 9 DE CAJAMARCA, INCORPORANDO 2%, 4% Y 6% DE CAL HIDRATADA, 4%, 6% Y 8% DE CEMENTO PORTLAND TIPO I Y 4%, 8% Y 12% DE CLORURO DE SODIO"		
<b>CALICATA:</b>	C-1	<b>ESTRATO:</b>	E-1
<b>UBICACIÓN:</b>	SECTOR 9	<b>TIPO DE MATERIAL:</b>	Arcilloso
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	25/06/2018	<b>COLOR DE MATERIAL:</b>	Marrón
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	11/10/2018	<b>RESPONSABLE:</b>	Frank José Estrada Arana
		<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Erick Rafael Muñoz Barboza

COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO - SUELO + 2% CAL										
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3		4	
A	Peso Molde	gr	4175.00		4175.00		4175.00		4175.00	
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	6353.83		6515.04		6576.56		6557.32	
C	Peso Muestra Húmeda	gr	2178.83		2340.04		2401.56		2382.32	
D	Volumen Muestra húmeda	cm <sup>3</sup>	944.00		944.00		944.00		944.00	
F	Densidad húmeda; Dh	gr/cm <sup>3</sup>	2.31		2.48		2.54		2.52	
G	Recipiente	N°	a	b	a	b	a	b	a	b
H	Peso Recipiente	gr	27.84	27.18	27.82	27.16	27.84	27.15	27.79	27.15
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	76.60	96.10	96.40	90.80	84.10	97.10	106.30	91.30
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	73.10	91.40	90.50	85.50	78.20	89.90	96.40	83.30
K	Peso del Agua	gr	3.50	4.70	5.90	5.30	5.90	7.20	9.90	8.00
L	Peso Muestra seca	gr	45.26	64.22	62.68	58.34	50.36	62.75	68.61	56.15
M	Contenido de Humedad W%	%	7.73	7.32	9.41	9.08	11.72	11.47	14.43	14.25
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	7.53		9.25		11.60		14.34	
O	Densidad Seca Máxima; Ds Max	gr/cm <sup>3</sup>	2.147		2.269		2.280		2.207	



**OBSERVACIONES:**

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
NOMBRE: Frank José Estrada Arana	NOMBRE: Erick Rafael Muñoz Barboza	NOMBRE: Ing. Iván Mejía Díaz
FECHA: 12/11/2018	FECHA: 12/11/2018	FECHA: 12/11/2018


LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA									
PROTOCOLO									
	<b>ENSAYO:</b>	COMPATACIÓN PROCTOR MODIFICADO				<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b>			
	<b>NORMA:</b>	MTC E115 / ASTM D1557 / NTP 339.141				CPM-LS-UPNC: .....			
	<b>TESIS:</b>	"CAPACIDAD PORTANTE (CBR) DEL SUELO DEL SECTOR 9 DE CAJAMARCA, INCORPORANDO 2%, 4% Y 6% DE CAL HIDRATADA, 4%, 6% Y 8% DE CEMENTO PORTLAND TIPO I Y 4%, 8% Y 12% DE CLORURO DE SODIO"							
<b>CALICATA:</b>	C-1	<b>ESTRATO:</b>	E-1	<b>TIPO DE MATERIAL:</b>		Arcilloso			
<b>UBICACIÓN:</b>	SECTOR 9			<b>COLOR DE MATERIAL:</b>		Marrón			
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	25/06/2018			<b>RESPONSABLE:</b>		Frank José Estrada Arana			
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	21/10/2018			<b>REVISADO POR:</b>		Ing. Erick Rafael Muñoz Barboza			

COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO – SUELO + 4% CAL										
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3		4	
A	Peso Molde	gr	4175.00		4175.00		4175.00		4175.00	
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	6446.98		6611.62		6681.28		6671.26	
C	Peso Muestra Húmeda	gr	2271.98		2436.62		2506.28		2496.26	
D	Volumen Muestra húmeda	cm <sup>3</sup>	944.00		944.00		944.00		944.00	
F	Densidad húmeda; Dh	gr/cm <sup>3</sup>	2.41		2.58		2.65		2.64	
G	Recipiente	N°	a	b	a	b	a	b	a	b
H	Peso Recipiente	gr	27.89	26.87	28.13	27.12	27.89	26.62	27.82	26.80
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	93.20	89.20	110.20	96.00	79.80	62.70	103.20	94.10
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	88.90	85.20	103.20	90.50	74.60	59.20	94.20	86.60
K	Peso del Agua	gr	4.30	4.00	7.00	5.50	5.20	3.50	9.00	7.50
L	Peso Muestra seca	gr	61.02	58.33	75.07	63.39	46.72	32.58	66.38	59.80
M	Contenido de Humedad W%	%	7.05	6.86	9.32	8.68	11.13	10.74	13.56	12.54
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	6.95		9.00		10.94		13.05	
O	Densidad Seca Máxima; Ds Max	gr/cm <sup>3</sup>	2.250		2.368		2.393		2.339	



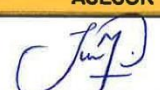
  

**CURVA DE COMPACTACIÓN**




Ds máx (gr/cm<sup>3</sup>) = 2.391  
CH óptimo (%) = 10.40

OBSERVACIONES:		
<b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>	<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>	<b>ASESOR</b>
	 ING. ERICK RAFAEL MUÑOZ BARBOZA Laboratorios Especializados de Ing. Civil UPN-C UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	
NOMBRE: Frank José Estrada Arana	NOMBRE: Ing. Erick Rafael Muñoz Barboza	NOMBRE: Ing. Iván Mejía Díaz
FECHA: 12/11/2018	FECHA: 12/11/2018	FECHA: 12/11/2018



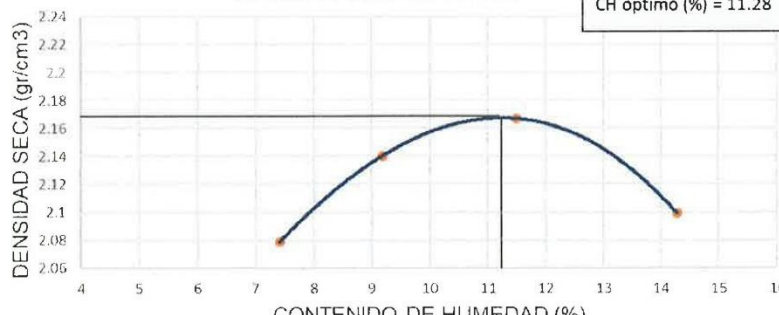
LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA									
PROTOCOLO									
	<b>ENSAYO:</b>	COMPATACIÓN PROCTOR MODIFICADO				<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b>			
	<b>NORMA:</b>	MTC E115 / ASTM D1557 / NTP 339.141				CPM-LS-UPNC: .....			
	<b>TESIS:</b>	"CAPACIDAD PORTANTE (CBR) DEL SUELO DEL SECTOR 9 DE CAJAMARCA, INCORPORANDO 2%, 4% Y 6% DE CAL HIDRATADA, 4%, 6% Y 8% DE CEMENTO PORTLAND TIPO I Y 4%, 8% Y 12% DE CLORURO DE SODIO"							
<b>CALICATA:</b>	C-1	<b>ESTRATO:</b>	E-1	<b>TIPO DE MATERIAL:</b>		Arcilloso			
<b>UBICACIÓN:</b>	SECTOR 9			<b>COLOR DE MATERIAL:</b>		Marrón			
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	25/06/2018			<b>RESPONSABLE:</b>		Frank José Estrada Arana			
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	11/10/2018			<b>REVISADO POR:</b>		Ing. Erick Rafael Muñoz Barboza			

COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO - SUELO + 6% CAL										
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3		4	
A	Peso Molde	gr	4175.00		4175.00		4175.00		4175.00	
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	6282.46		6380.94		6455.57		6439.34	
C	Peso Muestra Húmeda	gr	2107.46		2205.94		2280.57		2264.34	
D	Volumen Muestra húmeda	cm <sup>3</sup>	944.00		944.00		944.00		944.00	
F	Densidad húmeda; Dh	gr/cm <sup>3</sup>	2.23		2.34		2.42		2.40	
G	Recipiente	N°	a	b	a	b	a	b	a	b
H	Peso Recipiente	gr	27.80	27.18	27.82	27.20	27.80	27.17	27.75	27.15
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	75.10	81.50	103.20	99.20	113.80	116.80	89.90	89.10
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	71.80	77.80	96.80	93.20	104.80	107.70	82.10	81.40
K	Peso del Agua	gr	3.30	3.70	6.40	6.00	9.00	9.10	7.80	7.70
L	Peso Muestra seca	gr	44.00	50.62	68.98	66.00	77.00	80.53	54.35	54.25
M	Contenido de Humedad W%	%	7.50	7.31	9.28	9.09	11.69	11.30	14.35	14.19
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	7.41		9.18		11.49		14.27	
O	Densidad Seca Máxima; Ds Max	gr/cm <sup>3</sup>	2.079		2.140		2.167		2.099	

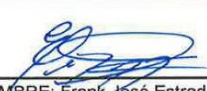
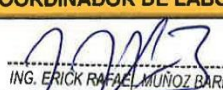
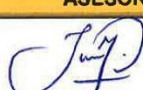
  


**CURVA DE COMPACTACIÓN**



Ds máx (gr/cm<sup>3</sup>) = 2.168  
CH óptimo (%) = 11.28

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Frank José Estrada Arana	NOMBRE: Ing. Erick Rafael Muñoz Barboza	NOMBRE: Ing. Iván Mejía Díaz
FECHA: 12/11/2018	FECHA: 12/11/2018	FECHA: 12/11/2018

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA									
PROTOCOLO									
	<b>ENSAYO:</b>	COMPATACIÓN PROCTOR MODIFICADO				<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b>			
	<b>NORMA:</b>	MTC E115 / ASTM D1557 / NTP 339.141				CPM-LS-UPNC: .....			
	<b>TESIS:</b>	"CAPACIDAD PORTANTE (CBR) DEL SUELO DEL SECTOR 9 DE CAJAMARCA, INCORPORANDO 2%, 4% Y 6% DE CAL HIDRATADA, 4%, 6% Y 8% DE CEMENTO PORTLAND TIPO I Y 4%, 8% Y 12% DE CLORURO DE SODIO"							
<b>CALICATA:</b>	C-1	<b>ESTRATO:</b>	E-1	<b>TIPO DE MATERIAL:</b>		Arcilloso			
<b>UBICACIÓN:</b>	SECTOR 9			<b>COLOR DE MATERIAL:</b>		Marrón			
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	25/06/2018			<b>RESPONSABLE:</b>		Frank José Estrada Arana			
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	09/10/2018			<b>REVISADO POR:</b>		Ing. Erick Rafael Muñoz Barboza			

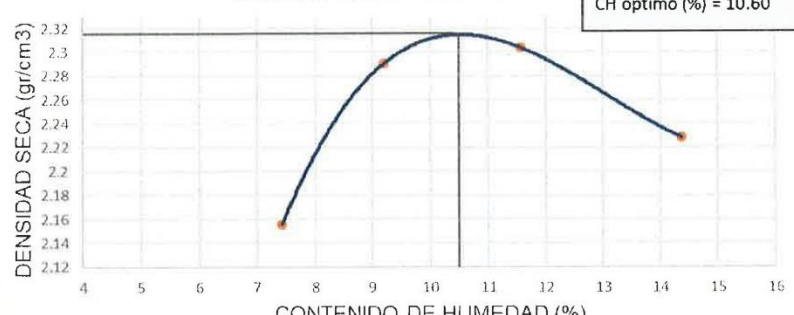
  

COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO - SUELO + 4% CEMENTO PORTLAND TIPO I										
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3		4	
A	Peso Molde	gr	4175.00		4175.00		4175.00		4175.00	
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	6361.06		6535.65		6601.06		6580.55	
C	Peso Muestra Húmeda	gr	2186.06		2360.65		2426.06		2405.55	
D	Volumen Muestra húmeda	cm <sup>3</sup>	944.00		944.00		944.00		944.00	
F	Densidad húmeda; Dh	gr/cm <sup>3</sup>	2.32		2.50		2.57		2.55	
G	Recipiente	Nº	a	b	a	b	a	b	a	b
H	Peso Recipiente	gr	27.79	27.16	27.84	27.21	27.79	27.18	27.74	27.12
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	73.00	83.50	109.80	95.90	109.90	124.70	89.90	89.10
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	69.80	79.70	102.80	90.20	101.30	114.70	82.00	81.40
K	Peso del Agua	gr	3.20	3.80	7.00	5.70	8.60	10.00	7.90	7.70
L	Peso Muestra seca	gr	42.01	52.54	74.96	62.99	73.51	87.52	54.26	54.28
M	Contenido de Humedad W%	%	7.62	7.23	9.34	9.05	11.70	11.43	14.56	14.19
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	7.42		9.19		11.56		14.37	
O	Densidad Seca Máxima; Ds Max	gr/cm <sup>3</sup>	2.156		2.290		2.304		2.228	

**CURVA DE COMPACTACIÓN**

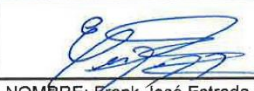

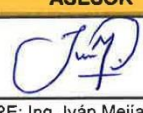
Ds máx (gr/cm<sup>3</sup>) = 2.319  
CH óptimo (%) = 10.60



DENSIDAD SECA (gr/cm<sup>3</sup>)

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)

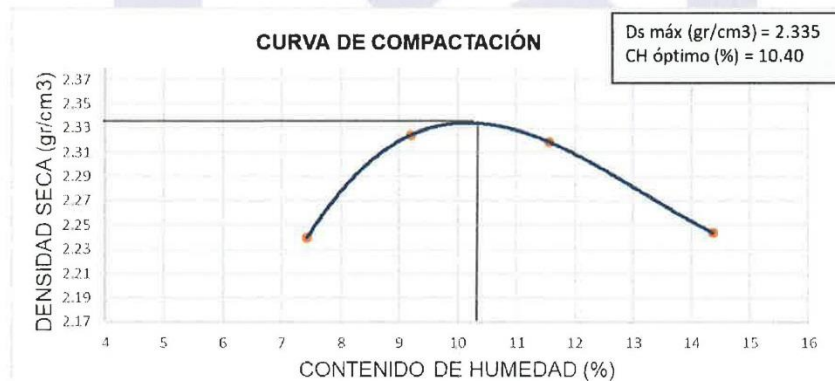
  

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
	 ING. ERICK RAFAEL MUÑOZ BARBOZA Laboratorio especializado de Ing. Civil UPN-C	
NOMBRE: Frank José Estrada Arana	NOMBRE: Ing. Erick Rafael Muñoz Barboza	NOMBRE: Ing. Iván Mejía Díaz
FECHA: 12/11/2018	FECHA: 12/11/2018	FECHA: 12/11/2018




LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
<b>ENSAYO:</b>	COMPATACIÓN PROCTOR MODIFICADO		<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b>
<b>NORMA:</b>	MTC E115 / ASTM D1557 / NTP 339.141		CPM-LS-UPNC: .....
<b>TESIS:</b>	"CAPACIDAD PORTANTE (CBR) DEL SUELO DEL SECTOR 9 DE CAJAMARCA, INCORPORANDO 2%, 4% Y 6% DE CAL HIDRATADA, 4%, 6% Y 8% DE CEMENTO PORTLAND TIPO I Y 4%, 8% Y 12% DE CLORURO DE SODIO"		
<b>CALICATA:</b>	C-1	<b>ESTRATO:</b>	E-1
<b>UBICACIÓN:</b>	SECTOR 9		<b>TIPO DE MATERIAL:</b>
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	25/06/2018		<b>RESPONSABLE:</b>
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	10/10/2018		<b>REVISADO POR:</b>
			Arcilloso
			Marrón
			Jhan Franco Pintado Estrada
			Ing. Erick Rafael Muñoz Barboza

COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO - SUELO + 6% CEMENTO PORTLAND TIPO I										
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3		4	
A	Peso Molde	gr	4175.00		4175.00		4175.00		4175.00	
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	6445.94		6570.70		6616.86		6597.26	
C	Peso Muestra Húmeda	gr	2270.94		2395.70		2441.86		2422.26	
D	Volumen Muestra húmeda	cm <sup>3</sup>	944.00		944.00		944.00		944.00	
F	Densidad húmeda; Dh	gr/cm <sup>3</sup>	2.41		2.54		2.59		2.57	
G	Recipiente	Nº	a	b	a	b	a	b	a	b
H	Peso Recipiente	gr	27.79	27.16	27.84	27.21	27.79	27.18	27.74	27.12
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	73.00	83.50	109.80	95.90	109.90	124.70	89.90	89.10
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	69.80	79.70	102.80	90.20	101.30	114.70	82.00	81.40
K	Peso del Agua	gr	3.20	3.80	7.00	5.70	8.60	10.00	7.90	7.70
L	Peso Muestra seca	gr	42.01	52.54	74.96	62.99	73.51	87.52	54.26	54.28
M	Contenido de Humedad W%	%	7.62	7.23	9.34	9.05	11.70	11.43	14.56	14.19
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	7.42		9.19		11.56		14.37	
O	Densidad Seca Máxima; Ds Max	gr/cm <sup>3</sup>	2.239		2.324		2.319		2.244	



**OBSERVACIONES:**

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
NOMBRE: Jhan Pintado Estrada	NOMBRE: Ing. Erick Rafael Muñoz Barboza	NOMBRE: Ing. Iván Mejía Díaz
FECHA: 12/11/2018	FECHA: 12/11/2018	FECHA: 12/11/2018

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA									
PROTOCOLO									
	<b>ENSAYO:</b>	COMPATACIÓN PROCTOR MODIFICADO				<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b>			
	<b>NORMA:</b>	MTC E115 / ASTM D1557 / NTP 339.141				CPM-LS-UPNC: .....			
	<b>TESIS:</b>	"CAPACIDAD PORTANTE (CBR) DEL SUELO DEL SECTOR 9 DE CAJAMARCA, INCORPORANDO 2%, 4% Y 6% DE CAL HIDRATADA, 4%, 6% Y 8% DE CEMENTO PORTLAND TIPO I Y 4%, 8% Y 12% DE CLORURO DE SODIO"							
<b>CALICATA:</b>	C-1	<b>ESTRATO:</b>	E-1	<b>TIPO DE MATERIAL:</b>		Arcilloso			
<b>UBICACIÓN:</b>	SECTOR 9			<b>COLOR DE MATERIAL:</b>		Marrón			
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	25/06/2018			<b>RESPONSABLE:</b>		Jhan Franco Pintado Estrada			
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	11/07/2018			<b>REVISADO POR:</b>		Ing. Erick Rafael Muñoz Barboza			

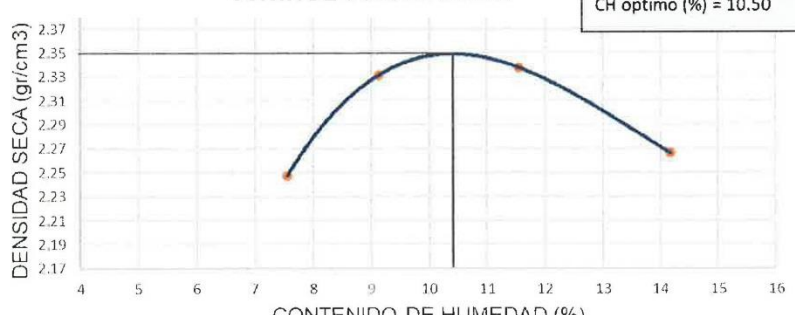
  

COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO - SUELO + 8% CEMENTO PORTLAND TIPO I										
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3		4	
A	Peso Molde	gr	4175.00		4175.00		4175.00		4175.00	
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	6456.33		6576.96		6636.67		6617.65	
C	Peso Muestra Húmeda	gr	2281.33		2401.96		2461.67		2442.65	
D	Volumen Muestra húmeda	cm <sup>3</sup>	944.00		944.00		944.00		944.00	
F	Densidad húmeda; Dh	gr/cm <sup>3</sup>	2.42		2.54		2.61		2.59	
G	Recipiente	N°	a	b	a	b	a	b	a	b
H	Peso Recipiente	gr	27.83	27.20	27.80	27.17	27.83	27.18	27.78	27.16
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	79.50	83.90	99.90	105.70	121.60	113.00	89.90	89.10
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	75.80	80.00	93.80	99.20	111.80	104.20	82.10	81.50
K	Peso del Agua	gr	3.70	3.90	6.10	6.50	9.80	8.80	7.80	7.60
L	Peso Muestra seca	gr	47.97	52.80	66.00	72.03	83.97	77.02	54.33	54.34
M	Contenido de Humedad W%	%	7.71	7.39	9.24	9.02	11.67	11.43	14.36	13.99
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	7.55		9.13		11.55		14.17	
O	Densidad Seca Máxima; Ds Max	gr/cm <sup>3</sup>	2.247		2.331		2.338		2.266	

**CURVA DE COMPACTACIÓN**


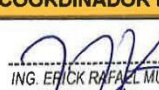
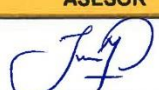
Ds máx (gr/cm<sup>3</sup>) = 2.35  
CH óptimo (%) = 10.50



DENSIDAD SECA (gr/cm<sup>3</sup>)

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
	 ING. ERICK RAFAEL MUÑOZ BARBOZA <small>Laboratorio especializado en Ing. Civil UPN-C</small>	
NOMBRE: Jhan Pintado Estrada	NOMBRE: Ing. Erick Rafael Muñoz Barboza	NOMBRE: Ing. Iván Mejía Díaz
FECHA: 12/11/2018	FECHA: 12/11/2018	FECHA: 12/11/2018



"Capacidad portante (CBR) del suelo del sector 9 de Cajamarca, incorporando 2%, 4% y 6% de Cal Hidratada, 4%, 6% y 8% de Cemento Portland tipo I y 4%, 8% y 12% de Cloruro de Sodio"

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA									
PROTOCOLO									
<b>ENSAYO:</b>		CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR				<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b>			
<b>NORMA:</b>		MTC E132 / ASTM D188				<b>CBR-LS-UPNC:</b> .....			
<b>TESIS:</b>		"CAPACIDAD PORTANTE (CBR) DEL SUELO DEL SECTOR 9 DE CAJAMARCA, INCORPORANDO 2%, 4% Y 6% DE CAL HIDRATADA, 4%, 6% Y 8% DE CEMENTO PORTLAND TIPO I Y 4%, 8% Y 12% DE CLORURO DE SODIO"							
<b>CALICATA:</b>	C-1	<b>ESTRATO:</b>	E-1	<b>TIPO DE MATERIAL:</b>		Arcilloso			
<b>UBICACIÓN:</b>	SECTOR 9			<b>COLOR DE MATERIAL:</b>		Marrón			
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	25/06/2018			<b>RESPONSABLE:</b>		Frank José Estrada Arana			
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	24/10/2018			<b>REVISADO POR:</b>		Ing. Erick Rafael Muñoz Barboza			

CALIFORNIA BEARING RATIO – CBR – SUELO SIN INCORPORACIONES							
DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3	
N° Golpes		5		5		5	
N° Golpes por Capa		13		27		55	
Condición de Muestra		Antes	Despu.	Antes	Despu.	Antes	Despu.
Peso Molde	gr	7257.00	7257.00	7236.00	7236.00	7286.00	7286.00
Peso Muestra húmeda + Molde	gr	12865.00	14945.92	12923.00	14456.05	13096.00	14641.37
Peso Muestra húmeda	gr	5608.00	7688.92	5687.00	7220.05	5810.00	7355.37
Volumen Muestra húmeda	cm <sup>3</sup>	2370.73	2370.73	2370.73	2370.73	2370.73	2370.73
Densidad húmeda ; Dh	gr/cm <sup>3</sup>	2.365	3.243	2.399	3.045	2.451	3.103

CONTENIDO DE HUMEDAD										
Ensayo	N°	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C
Peso Recipiente	gr	27.50	27.10	26.90	27.20	26.90	27.10	27.10	27.00	27.10
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	134.90	142.70	151.50	138.80	130.10	122.30	140.40	142.60	151.20
Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	125.00	132.10	139.40	128.50	120.70	113.40	129.90	132.00	139.60
Peso del Agua	gr	9.90	10.60	12.10	10.31	9.40	8.90	10.50	10.60	11.60
Peso Muestra Seca	gr	97.50	105.00	112.50	101.25	93.75	86.25	102.75	105.00	112.50
Contenido de Humedad ; W%	%	10.14	10.11	10.79	10.18	10.08	10.37	10.20	10.11	10.32
Promedio Contenido de Humedad	%	10.12			10.13	10.37		10.16		10.32
Densidad Máxima Seca; Ds	gr/cm <sup>3</sup>	2.148		2.927	2.178		2.759	2.225		2.812

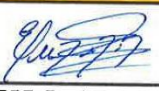
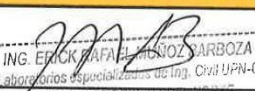
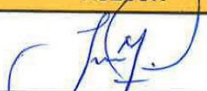
  

ENSAYO DE HINCHAMIENTO – SUELO SIN INCORPORACIONES										
TIEMPO ACUMULADO		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento	
Horas	Días	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%
0	0	1	0	0.000	1	0	0.00	1	0	0
24	1	2	0.130	0.102	2	0.110	0.09	2	0.100	0.078
48	2	3	0.220	0.172	3	0.220	0.17	3	0.160	0.125
72	3	4	0.330	0.258	4	0.280	0.22	4	0.200	0.156
96	4	5	0.400	0.313	5	0.340	0.27	5	0.250	0.195

OBSERVACIONES:										

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
	 ING. ERICK RAFAEL MUÑOZ BARBOZA Laboratorio especializado de Ing. CIVIL UPN-C	
NOMBRE: Frank Estrada Arana	NOMBRE: Ing. Erick Rafael Muñoz Barboza	NOMBRE: Ing. Iván Mejía Díaz
FECHA: 08/12/2018	FECHA: 08/12/2018	FECHA: 08/12/2018

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA									
PROTOCOLO									
<b>ENSAYO:</b>	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR					<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b>			
<b>NORMA:</b>	MTC E132 / ASTM D188					CBR-LS-UPNC: .....			
<b>TESIS:</b>	"CAPACIDAD PORTANTE (CBR) DEL SUELO DEL SECTOR 9 DE CAJAMARCA, INCORPORANDO 2%, 4% Y 6% DE CAL HIDRATADA, 4%, 6% Y 8% DE CEMENTO PORTLAND TIPO I Y 4%, 8% Y 12% DE CLORURO DE SODIO"								
<b>CALICATA:</b>	C-1	<b>ESTRATO:</b>	E-1	<b>TIPO DE MATERIAL:</b>		Arcilloso			
<b>UBICACIÓN:</b>	SECTOR 9			<b>COLOR DE MATERIAL:</b>		Marrón			
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	25/06/2018			<b>RESPONSABLE:</b>		Frank José Estrada Arana			
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	24/10/2018			<b>REVISADO POR:</b>		Ing. Erick Rafael Muñoz Barboza			

CARGA – SUELO SIN INCORPORACIONES										
PENETRACIÓN		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo	
mm	Pulg	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	45.00	1.01	14.32	67.50	1.51	21.49	5.80	82.50	26.26
1.27	0.050	75.00	1.68	23.87	90.00	2.01	28.65	8.96	127.50	40.59
1.91	0.075	97.50	2.18	31.04	112.50	2.52	35.81	11.07	157.50	50.14
2.54	0.100	120.00	2.69	38.20	142.50	3.19	45.36	13.71	195.00	62.07
3.17	0.125	142.50	3.19	45.36	157.50	3.52	50.14	15.29	217.50	69.23
3.81	0.150	157.50	3.52	50.14	180.00	4.03	57.30	16.87	240.00	76.40
4.45	0.175	172.50	3.86	54.91	202.50	4.53	64.46	18.98	270.00	85.95
5.08	0.200	195.00	4.36	62.07	232.50	5.20	74.01	21.09	300.00	95.50
6.35	0.250	195.00	4.36	62.07	255.00	5.71	81.17	22.67	322.50	102.66
7.62	0.300	225.00	5.04	71.62	292.50	6.55	93.11	25.31	360.00	114.59
8.89	0.350	225.00	5.04	71.62	322.50	7.22	102.66	27.42	390.00	124.14
10.16	0.400	240.00	5.37	76.40	337.50	7.55	107.43	29.53	420.00	133.69
11.43	0.450	247.50	5.54	78.78	345.00	7.72	109.82	31.11	442.50	140.86
12.70	0.500	255.00	5.71	81.17	352.50	7.89	112.21	31.64	450.00	143.24

<b>Ds Max =</b>	2.30 gr/cm <sup>3</sup>	<b>CBR (0.1")</b>	4.60%
<b>95% Ds Max=</b>	2.18 gr/cm <sup>3</sup>	<b>CBR(0.2")</b>	5.00%

OBSERVACIONES:		
<b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>	<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>	<b>ASESOR</b>
NOMBRE: Frank Estrada Arana	NOMBRE: Ing. Erick Rafael Muñoz Barboza	NOMBRE: Ing. Iván Mejía Díaz
FECHA: 08/12/2018	FECHA: 08/12/2018	FECHA: 08/12/2018



LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA									
PROTOCOLO									
<b>ENSAYO:</b>	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR					<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b>			
<b>NORMA:</b>	MTC E132 / ASTM D188					CBR-LS-UPNC: .....			
<b>TESIS:</b>	"CAPACIDAD PORTANTE (CBR) DEL SUELO DEL SECTOR 9 DE CAJAMARCA, INCORPORANDO 2%, 4% Y 6% DE CAL HIDRATADA, 4%, 6% Y 8% DE CEMENTO PORTLAND TIPO I Y 4%, 8% Y 12% DE CLORURO DE SODIO"								
CALICATA:	C-1	ESTRATO:	E-1	TIPO DE MATERIAL:	Arcilloso				
UBICACIÓN:	SECTOR 9			COLOR DE MATERIAL:	Marrón				
FECHA DE MUESTREO:	25/06/2018			RESPONSABLE:	Frank José Estrada Arana				
FECHA DE ENSAYO:	29/10/2018			REVISADO POR:	Ing. Erick Rafael Muñoz Barboza				

CARGA - SUELO + 4% NACL										
PENETRACIÓN		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo	
mm	Pulg	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>
0.00	0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
0.64	0.025	45	1.01	14.32	67.5	1.51	21.49	105	2.35	33.42
1.27	0.050	75	1.68	23.87	97.5	2.18	31.04	150	3.36	47.75
1.91	0.075	97.5	2.18	31.04	127.5	2.85	40.59	180	4.03	57.30
2.54	0.100	105	2.35	33.42	150	3.36	47.75	210	4.70	66.85
3.17	0.125	142.5	3.19	45.36	180	4.03	57.30	232.5	5.20	74.01
3.81	0.150	157.5	3.52	50.14	202.5	4.53	64.46	277.5	6.21	88.33
4.45	0.175	172.5	3.86	54.91	232.5	5.20	74.01	300	6.71	95.50
5.08	0.200	180	4.03	57.30	247.5	5.54	78.78	330	7.39	105.04
6.35	0.250	210	4.70	66.85	270	6.04	85.95	352.5	7.89	112.21
7.62	0.300	232.5	5.20	74.01	292.5	6.55	93.11	367.5	8.22	116.98
8.89	0.350	247.5	5.54	78.78	322.5	7.22	102.66	397.5	8.90	126.53
10.16	0.400	255	5.71	81.17	337.5	7.55	107.43	405	9.06	128.92
11.43	0.450	262.5	5.87	83.56	352.5	7.89	112.21	412.5	9.23	131.31
12.70	0.500	262.5	5.87	83.56	360	8.06	114.59	420	9.40	133.69

<b>Ds Max =</b>	2.39 gr/cm <sup>3</sup>	<b>CBR (0.1")</b>	4.80%
<b>95% Ds Max=</b>	2.27 gr/cm <sup>3</sup>	<b>CBR(0.2")</b>	5.15%

OBSERVACIONES:		
<b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>	<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>	<b>ASESOR</b>
 NOMBRE: Frank Estrada Arana FECHA: 08/12/2018	 NOMBRE: Ing. Erick Rafael Muñoz Barboza FECHA: 08/12/2018	 NOMBRE: Ing. Iván Mejía Díaz FECHA: 08/12/2018

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA									
PROTOCOLO									
<b>ENSAYO:</b>		CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR				<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b>			
<b>NORMA:</b>		MTC E132 / ASTM D188				CBR-LS-UPNC: .....			
<b>TESIS:</b>		"CAPACIDAD PORTANTE (CBR) DEL SUELO DEL SECTOR 9 DE CAJAMARCA, INCORPORANDO 2%, 4% Y 6% DE CAL HIDRATADA, 4%, 6% Y 8% DE CEMENTO PORTLAND TIPO I Y 4%, 8% Y 12% DE CLORURO DE SODIO"							
CALICATA:	C-1	ESTRATO:	E-1	TIPO DE MATERIAL:		Arcilloso			
UBICACIÓN:	SECTOR 9			COLOR DE MATERIAL:		Marrón			
FECHA DE MUESTREO:	25/06/2018			RESPONSABLE:		Frank José Estrada Arana			
FECHA DE ENSAYO:	29/10/2018			REVISADO POR:		Ing. Erick Rafael Muñoz Barboza			

CALIFORNIA BEARING RATIO – CBR – SUELO + 4% NACL							
DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3	
N° Golpes		5		5		5	
N° Golpes por Capa		13		27		55	
Condición de Muestra		Antes	Despu.	Antes	Despu.	Antes	Despu.
Peso Molde	gr	7265.00	7265.00	7236.00	7236.00	7272.00	7272.00
Peso Muestra húmeda + Molde	gr	13125.00	15294.04	13180.00	14781.87	13278.00	14954.23
Peso Muestra húmeda	gr	5860.00	8029.04	5944.00	7545.87	6006.00	7682.23
Volumen Muestra húmeda	cm <sup>3</sup>	2370.73	2370.73	2370.73	2370.73	2370.73	2370.73
Densidad húmeda ; Dh	gr/cm <sup>3</sup>	2.472	3.387	2.507	3.183	2.533	3.240

CONTENIDO DE HUMEDAD										
Ensayo	N°	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C
Peso Recipiente	gr	26.90	27.10	26.90	27.00	27.00	27.10	27.00	27.10	27.10
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	118.00	126.40	135.20	143.00	138.80	130.90	138.80	130.60	139.10
Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	109.40	117.10	124.40	132.00	128.30	120.90	128.30	120.90	128.40
Peso del Agua	gr	8.60	9.30	10.80	10.95	10.50	10.00	10.50	9.70	10.70
Peso Muestra Seca	gr	82.50	90.00	97.50	105.00	101.25	93.75	101.25	93.75	101.25
Contenido de Humedad ; W%	%	10.42	10.38	11.09	10.43	10.39	10.66	10.40	10.37	10.54
Promedio Contenido de Humedad	%	10.40			10.41	10.66		10.39		10.54
Densidad Máxima Seca; Ds	gr/cm <sup>3</sup>	2.239		3.049	2.271		2.876	2.295		2.932


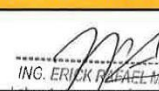
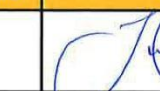
  

ENSAYO DE HINCHAMIENTO – SUELO + 4% NACL										
TIEMPO ACUMULADO		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento	
Horas	Días	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%
0	0	1	0	0.000	1	0	0.00	1	0	0
24	1	2	0.110	0.086	2	0.090	0.07	2	0.060	0.047
48	2	3	0.220	0.172	3	0.160	0.13	3	0.120	0.094
72	3	4	0.370	0.289	4	0.180	0.14	4	0.130	0.102
96	4	5	0.430	0.336	5	0.290	0.23	5	0.140	0.109

**OBSERVACIONES:**

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Frank Estrada Arana	NOMBRE: Ing. Erick Rafael Muñoz Barboza	NOMBRE: Ing. Iván Mejía Díaz
FECHA: 08/12/2018	FECHA: 08/12/2018	FECHA: 08/12/2018



“Capacidad portante (CBR) del suelo del sector 9 de Cajamarca, incorporando 2%, 4% y 6% de Cal Hidratada, 4%, 6% y 8% de Cemento Portland tipo I y 4%, 8% y 12% de Cloruro de Sodio”

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA									
PROTOCOLO									
<b>ENSAYO:</b>		CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR				<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b>			
<b>NORMA:</b>		MTC E132 / ASTM D188				<b>CBR-LS-UPNC:</b>			
<b>TESIS:</b>		“CAPACIDAD PORTANTE (CBR) DEL SUELO DEL SECTOR 9 DE CAJAMARCA, INCORPORANDO 2%, 4% Y 6% DE CAL HIDRATADA, 4%, 6% Y 8% DE CEMENTO PORTLAND TIPO I Y 4%, 8% Y 12% DE CLORURO DE SODIO”							
<b>CALICATA:</b>	C-1	<b>ESTRATO:</b>	E-1	<b>TIPO DE MATERIAL:</b>		Arcilloso			
<b>UBICACIÓN:</b>	SECTOR 9			<b>COLOR DE MATERIAL:</b>		Marrón			
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	25/06/2018			<b>RESPONSABLE:</b>		Frank José Estrada Arana			
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	29/10/2018			<b>REVISADO POR:</b>		Ing. Erick Rafael Muñoz Barboza			

CALIFORNIA BEARING RATIO – CBR – SUELO + 8% NACL							
DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3	
N° Golpes		5		5		5	
N° Golpes por Capa		13		27		55	
Condición de Muestra		Antes	Despu.	Antes	Despu.	Antes	Despu.
Peso Molde	gr	7257.00	7257.00	7236.00	7236.00	7301.00	7301.00
Peso Muestra húmeda + Molde	gr	12962.00	15080.03	13152.00	14583.08	13314.00	14792.14
Peso Muestra húmeda	gr	5705.00	7823.03	5916.00	7347.08	6013.00	7491.14
Volumen Muestra húmeda	cm <sup>3</sup>	2370.73	2370.73	2370.73	2370.73	2370.73	2370.73
Densidad húmeda ; Dh	gr/cm <sup>3</sup>	2.406	3.300	2.496	3.099	2.537	3.160

CONTENIDO DE HUMEDAD										
Ensayo	N°	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C
Peso Recipiente	gr	27.50	27.10	27.50	27.10	26.90	27.20	27.00	27.10	27.10
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	135.20	126.40	119.10	134.80	126.20	143.40	130.60	129.20	139.30
Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	125.00	117.10	110.00	124.60	116.90	132.20	120.80	119.40	128.40
Peso del Agua	gr	10.20	9.30	9.10	10.21	9.30	11.20	9.80	9.80	10.90
Peso Muestra Seca	gr	97.50	90.00	82.50	97.50	90.00	105.00	93.75	92.25	101.25
Contenido de Humedad ; W%	%	10.41	10.38	11.08	10.47	10.38	10.67	10.44	10.61	10.72
Promedio Contenido de Humedad	%	10.39			10.43		10.67		10.52	
Densidad Máxima Seca; Ds	gr/cm <sup>3</sup>	2.180			2.971		2.800		2.854	

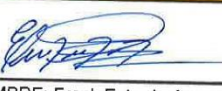
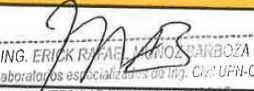
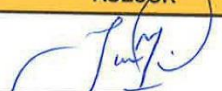
  


ENSAYO DE HINCHAMIENTO – SUELO + 8% NACL										
TIEMPO ACUMULADO		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		Lectura Deforma.	Hinchamiento mm	Hinchamiento %	Lectura Deforma.	Hinchamiento mm	Hinchamiento %	Lectura Deforma.	Hinchamiento mm	Hinchamiento %
0	0	1	0	0.000	1	0	0.00	1	0	0
24	1	2	0.090	0.070	2	0.080	0.06	2	0.040	0.031
48	2	3	0.190	0.148	3	0.140	0.11	3	0.060	0.047
72	3	4	0.320	0.250	4	0.240	0.19	4	0.150	0.117
96	4	5	0.400	0.313	5	0.300	0.23	5	0.160	0.125

OBSERVACIONES:										

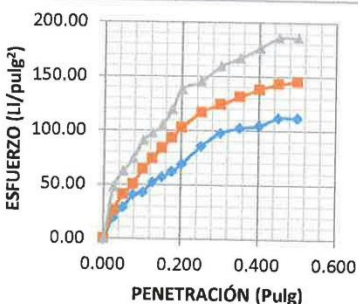
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
	 ING. ERICK RAFAEL MUÑOZ BARBOZA Laboratorio especializado en Ing. Civil UPN-C	
NOMBRE: Frank Estrada Arana	NOMBRE: Ing. Erick Rafael Muñoz Barboza	NOMBRE: Ing. Iván Mejía Díaz
FECHA: 08/12/2018	FECHA: 08/12/2018	FECHA: 08/12/2018

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA									
PROTOCOLO									
	<b>ENSAYO:</b>		CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR				<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b>		
	<b>NORMA:</b>		MTC E132 / ASTM D188				<b>CBR-LS-UPNC:</b> .....		
	<b>TESIS:</b>		"CAPACIDAD PORTANTE (CBR) DEL SUELO DEL SECTOR 9 DE CAJAMARCA, INCORPORANDO 2%, 4% Y 6% DE CAL HIDRATADA, 4%, 6% Y 8% DE CEMENTO PORTLAND TIPO I Y 4%, 8% Y 12% DE CLORURO DE SODIO"						
CALICATA:		C-1	ESTRATO:		E-1	TIPO DE MATERIAL:		Arcilloso	
UBICACIÓN:		SECTOR 9				COLOR DE MATERIAL:		Marrón	
FECHA DE MUESTREO:		25/06/2018				RESPONSABLE:		Frank José Estrada Arana	
FECHA DE ENSAYO:		29/10/2018				REVISADO POR:		Ing. Erick Rafael Muñoz Barboza	


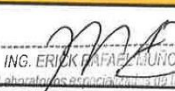
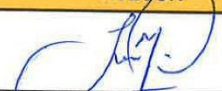
CARGA - SUELO + 8% NaCl										
PENETRACIÓN		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo	
mm	Pulg	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>
0.00	0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
0.64	0.025	60	1.34	19.10	82.5	1.85	26.26	150	3.36	47.75
1.27	0.050	90	2.01	28.65	127.5	2.85	40.59	195	4.36	62.07
1.91	0.075	127.5	2.85	40.59	157.5	3.52	50.14	232.5	5.20	74.01
2.54	0.100	135	3.02	42.97	202.5	4.53	64.46	285	6.38	90.72
3.17	0.125	165	3.69	52.52	232.5	5.20	74.01	307.5	6.88	97.88
3.81	0.150	180	4.03	57.30	262.5	5.87	83.56	330	7.39	105.04
4.45	0.175	195	4.36	62.07	292.5	6.55	93.11	375	8.39	119.37
5.08	2.000	217.5	4.87	69.23	322.5	7.22	102.66	435	9.74	138.47
6.35	0.250	270	6.04	85.95	367.5	8.22	116.98	457.5	10.24	145.63
7.62	0.300	307.5	6.88	97.88	390	8.73	124.14	502.5	11.25	159.95
8.89	0.350	322.5	7.22	102.66	412.5	9.23	131.31	525	11.75	167.12
10.16	0.400	330	7.39	105.04	435	9.74	138.47	555	12.42	176.67
11.43	0.450	352.5	7.89	112.21	450	10.07	143.24	585	13.09	186.22
12.70	0.500	352.5	7.89	112.21	457.5	10.24	145.63	585	13.09	186.22



<b>Ds Max =</b>	2.33 gr/cm <sup>3</sup>	<b>CBR (0.1")</b>	5.10%
<b>95% Ds Max=</b>	2.21 gr/cm <sup>3</sup>	<b>CBR(0.2")</b>	5.50%

OBSERVACIONES:		
<b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>	<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>	<b>ASESOR</b>
 NOMBRE: Frank Estrada Arana FECHA: 08/12/2018	 ING. ERICK RAFAEL MUÑOZ BARBOZA Laboratorios especializados en Ing. Civil UPN-C NOMBRE: Ing. Erick Rafael Muñoz Barboza FECHA: 08/12/2018	 NOMBRE: Ing. Iván Mejía Díaz FECHA: 08/12/2018



"Capacidad portante (CBR) del suelo del sector 9 de Cajamarca, incorporando 2%, 4% y 6% de Cal Hidratada, 4%, 6% y 8% de Cemento Portland tipo I y 4%, 8% y 12% de Cloruro de Sodio"

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA									
PROTOCOLO									
<b>ENSAYO:</b>		CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR				<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b>			
<b>NORMA:</b>		MTC E132 / ASTM D188				<b>CBR-LS-UPNC:</b> .....			
<b>TESIS:</b>		"CAPACIDAD PORTANTE (CBR) DEL SUELO DEL SECTOR 9 DE CAJAMARCA, INCORPORANDO 2%, 4% Y 6% DE CAL HIDRATADA, 4%, 6% Y 8% DE CEMENTO PORTLAND TIPO I Y 4%, 8% Y 12% DE CLORURO DE SODIO"							
<b>CALICATA:</b>	C-1	<b>ESTRATO:</b>	E-1	<b>TIPO DE MATERIAL:</b>		Arcilloso			
<b>UBICACIÓN:</b>	SECTOR 9			<b>COLOR DE MATERIAL:</b>		Marrón			
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	25/06/2018			<b>RESPONSABLE:</b>		Frank José Estrada Arana			
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	02/11/2018			<b>REVISADO POR:</b>		Ing. Erick Rafael Muñoz Barboza			

CALIFORNIA BEARING RATIO – CBR – SUELO + 12% NACL							
DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3	
N° Golpes		5		5		5	
N° Golpes por Capa		13		27		55	
Condición de Muestra		Antes	Despu.	Antes	Despu.	Antes	Despu.
Peso Molde	gr	7272.00	7272.00	7228.00	7228.00	7279.00	7279.00
Peso Muestra húmeda + Molde	gr	12910.00	14988.81	13085.00	14485.47	13281.00	14663.99
Peso Muestra húmeda	gr	5638.00	7716.81	5857.00	7257.47	6002.00	7384.99
Volumen Muestra húmeda	cm <sup>3</sup>	2370.73	2370.73	2370.73	2370.73	2370.73	2370.73
Densidad húmeda ; Dh	gr/cm <sup>3</sup>	2.378	3.255	2.471	3.061	2.532	3.115

CONTENIDO DE HUMEDAD										
Ensayo	N°	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C
Peso Recipiente	gr	27.00	27.10	26.90	27.10	26.90	27.10	27.00	27.00	27.10
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	126.30	134.60	143.40	136.30	128.70	144.00	128.80	129.60	130.70
Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	117.00	124.60	131.90	126.10	119.20	132.90	119.30	120.00	120.90
Peso del Agua	gr	9.30	10.00	11.50	10.24	9.50	11.10	9.50	9.60	9.80
Peso Muestra Seca	gr	90.00	97.50	105.00	99.00	92.25	105.75	92.25	93.00	93.75
Contenido de Humedad ; W%	%	10.33	10.27	11.00	10.34	10.25	10.53	10.33	10.28	10.47
Promedio Contenido de Humedad	%	10.30			10.29	10.53		10.31		10.47
Densidad Máxima Seca; Ds	gr/cm <sup>3</sup>	2.156			2.933	2.240		2.270		2.820

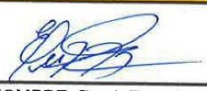
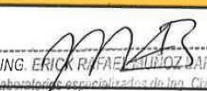
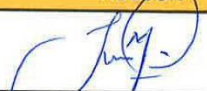
  

ENSAYO DE HINCHAMIENTO – SUELO + 12% NACL										
TIEMPO ACUMULADO		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento	
Horas	Días	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%
0	0	1	0	0.000	1	0	0.00	1	0	0
24	1	2	0.090	0.070	2	0.070	0.05	2	0.040	0.031
48	2	3	0.160	0.125	3	0.120	0.09	3	0.060	0.047
72	3	4	0.240	0.188	4	0.180	0.14	4	0.100	0.078
96	4	5	0.290	0.227	5	0.210	0.16	5	0.100	0.078

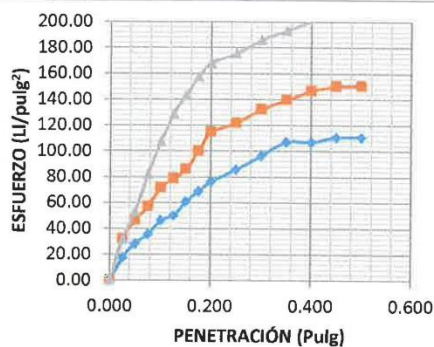
OBSERVACIONES:										

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Frank Estrada Arana	NOMBRE: Ing. Erick Rafael Muñoz Barboza	NOMBRE: Ing. Ivan Mejia Diaz
FECHA: 08/12/2018	FECHA: 08/12/2018	FECHA: 08/12/2018

<b>LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b>			
<b>PROTOCOLO</b>			
<b>ENSAYO:</b>	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR		<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b>
<b>NORMA:</b>	MTC E132 / ASTM D188		CBR-LS-UPNC: .....
<b>TESIS:</b>	"CAPACIDAD PORTANTE (CBR) DEL SUELO DEL SECTOR 9 DE CAJAMARCA, INCORPORANDO 2%, 4% Y 6% DE CAL HIDRATADA, 4%, 6% Y 8% DE CEMENTO PORTLAND TIPO I Y 4%, 8% Y 12% DE CLORURO DE SODIO"		
<b>CALICATA:</b>	C-1	<b>ESTRATO:</b>	E-1
<b>UBICACIÓN:</b>	SECTOR 9		<b>TIPO DE MATERIAL:</b>
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	25/06/2018	<b>RESPONSABLE:</b>	Frank José Estrada Arana
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	02/11/2018	<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Erick Rafael Muñoz Barboza

CARGA – SUELO + 12% NACL										
PENETRACIÓN		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo	
mm	Pulg	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>
0.00	0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
0.64	0.025	56.25	1.26	17.91	101.25	2.27	32.23	101.25	2.27	32.23
1.27	0.050	90	2.01	28.65	146.25	3.27	46.55	168.75	3.78	53.72
1.91	0.075	112.5	2.52	35.81	180	4.03	57.30	258.75	5.79	82.36
2.54	0.100	146.25	3.27	46.55	225	5.04	71.62	337.5	7.55	107.43
3.17	0.125	157.5	3.52	50.14	247.5	5.54	78.78	405	9.06	128.92
3.81	0.150	191.25	4.28	60.88	270	6.04	85.95	450	10.07	143.24
4.45	0.175	217.5	4.87	69.23	315	7.05	100.27	495	11.08	157.57
5.08	2.000	240	5.37	76.40	360	8.06	114.59	528.75	11.83	168.31
6.35	0.250	270	6.04	85.95	382.5	8.56	121.76	551.25	12.34	175.47
7.62	0.300	303.75	6.80	96.69	416.25	9.32	132.50	585	13.09	186.22
8.89	0.350	337.5	7.55	107.43	438.75	9.82	139.66	607.5	13.60	193.38
10.16	0.400	337.5	7.55	107.43	461.25	10.32	146.82	630	14.10	200.54
11.43	0.450	348.75	7.81	111.01	472.5	10.57	150.41	652.5	14.60	207.70
12.70	0.500	348.75	7.81	111.01	472.5	10.57	150.41	697.5	15.61	222.03



<b>Ds Max =</b>	2.33 gr/cm <sup>3</sup>	<b>CBR (0.1")</b>	5.10%
<b>95% Ds Max=</b>	2.21 gr/cm <sup>3</sup>	<b>CBR(0.2")</b>	5.50%

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
NOMBRE: Frank Estrada Arana	NOMBRE: Ing. Erick Rafael Muñoz Barboza	NOMBRE: Ing. Iván Mejía Díaz
FECHA: 08/12/2018	FECHA: 08/12/2018	FECHA: 08/12/2018



“Capacidad portante (CBR) del suelo del sector 9 de Cajamarca, incorporando 2%, 4% y 6% de Cal Hidratada, 4%, 6% y 8% de Cemento Portland tipo I y 4%, 8% y 12% de Cloruro de Sodio”

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA									
PROTOCOLO									
<b>ENSAYO:</b>		CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR				<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b>			
<b>NORMA:</b>		MTC E132 / ASTM D188				CBR-LS-UPNC: .....			
<b>TESIS:</b>		“CAPACIDAD PORTANTE (CBR) DEL SUELO DEL SECTOR 9 DE CAJAMARCA, INCORPORANDO 2%, 4% Y 6% DE CAL HIDRATADA, 4%, 6% Y 8% DE CEMENTO PORTLAND TIPO I Y 4%, 8% Y 12% DE CLORURO DE SODIO”							
<b>CALICATA:</b>	C-1	<b>ESTRATO:</b>	E-1	<b>TIPO DE MATERIAL:</b>		Arcilloso			
<b>UBICACIÓN:</b>	SECTOR 9			<b>COLOR DE MATERIAL:</b>		Marrón			
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	25/06/2018			<b>RESPONSABLE:</b>		Frank José Estrada Arana			
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	02/11/2018			<b>REVISADO POR:</b>		Ing. Erick Rafael Muñoz Barboza			

CALIFORNIA BEARING RATIO – CBR – SUELO + 2% CAL							
DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3	
N° Golpes		5		5		5	
N° Golpes por Capa		13		27		55	
<b>Condición de Muestra</b>		<b>Antes</b>	<b>Despu.</b>	<b>Antes</b>	<b>Despu.</b>	<b>Antes</b>	<b>Despu.</b>
Peso Molde	gr	7257.00	7257.00	7265.00	7265.00	7272.00	7272.00
Peso Muestra húmeda + Molde	gr	12883.00	14972.80	12992.00	14511.00	13096.00	14674.49
Peso Muestra húmeda	gr	5626.00	7715.80	5727.00	7246.00	5824.00	7402.49
Volumen Muestra húmeda	cm <sup>3</sup>	2370.73	2370.73	2370.73	2370.73	2370.73	2370.73
Densidad húmeda ; Dh	gr/cm <sup>3</sup>	2.373	3.255	2.416	3.056	2.457	3.122

CONTENIDO DE HUMEDAD										
Ensayo	N°	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C
Peso Recipiente	gr	27.30	26.90	26.90	26.90	27.00	27.10	27.00	27.10	27.10
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	143.50	139.10	140.50	138.20	130.80	123.70	138.20	151.60	145.10
Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	132.30	128.15	128.90	127.40	120.80	114.10	127.50	139.60	133.60
Peso del Agua	gr	11.20	10.90	11.60	10.79	10.00	9.60	10.70	12.00	11.50
Peso Muestra Seca	gr	105.00	101.25	102.00	100.50	93.75	87.00	100.50	112.50	106.50
Contenido de Humedad ; W%	%	10.71	10.72	11.42	10.73	10.69	11.01	10.68	10.67	10.83
Promedio Contenido de Humedad	%	10.72		11.42	10.71		11.01	10.67		10.83
Densidad Máxima Seca ; Ds	gr/cm <sup>3</sup>	2.143		2.921	2.182		2.753	2.220		2.817

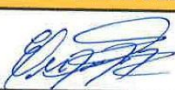
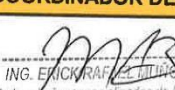

  


ENSAYO DE HINCHAMIENTO – SUELO + 2% CAL										
TIEMPO ACUMULADO		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		Lectura Deforma.	Hinchamiento mm	Hinchamiento %	Lectura Deforma.	Hinchamiento mm	Hinchamiento %	Lectura Deforma.	Hinchamiento mm	Hinchamiento %
Horas	Días									
0	0	1	0	0.000	1	0	0.00	1	0	0
24	1	2	0.120	0.094	2	0.100	0.08	2	0.090	0.070
48	2	3	0.220	0.172	3	0.220	0.17	3	0.160	0.125
72	3	4	0.340	0.266	4	0.290	0.23	4	0.200	0.156
96	4	5	0.430	0.336	5	0.360	0.28	5	0.260	0.203

OBSERVACIONES:		

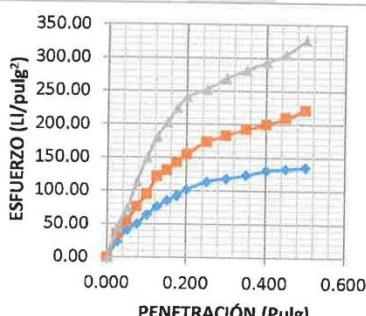
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Frank Estrada Arana	NOMBRE: Ing. Erick Rafael Muñoz Barboza	NOMBRE: Ing. Iván Mejía Díaz
FECHA: 08/12/2018	FECHA: 08/12/2018	FECHA: 08/12/2018

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA										
PROTOCOLO										
	<b>ENSAYO:</b>		CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR				<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b>			
	<b>NORMA:</b>		MTC E132 / ASTM D188				CBR-LS-UPNC: .....			
	<b>TESIS:</b>		"CAPACIDAD PORTANTE (CBR) DEL SUELO DEL SECTOR 9 DE CAJAMARCA, INCORPORANDO 2%, 4% Y 6% DE CAL HIDRATADA, 4%, 6% Y 8% DE CEMENTO PORTLAND TIPO I Y 4%, 8% Y 12% DE CLORURO DE SODIO"							
CALICATA:		C-1	ESTRATO:		E-1	TIPO DE MATERIAL:		Arcilloso		
UBICACIÓN:		SECTOR 9				COLOR DE MATERIAL:		Marrón		
FECHA DE MUESTREO:		25/06/2018				RESPONSABLE:		Frank José Estrada Arana		
FECHA DE ENSAYO:		02/11/2018				REVISADO POR:		Ing. Erick Rafael Muñoz Barboza		


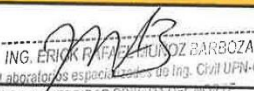

CARGA - SUELO + 2% CAL										
PENETRACIÓN		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo	
mm	Pulg	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	75.00	1.68	23.87	112.50	2.52	35.81	142.50	3.19	45.36
1.27	0.050	127.50	2.85	40.59	172.50	3.86	54.91	232.50	5.20	74.01
1.91	0.075	157.50	3.52	50.14	240.00	5.37	76.40	360.00	8.06	114.59
2.54	0.100	202.50	4.53	64.46	300.00	6.71	95.50	472.50	10.57	150.41
3.17	0.125	240.00	5.37	76.40	382.50	8.56	121.76	570.00	12.76	181.44
3.81	0.150	270.00	6.04	85.95	412.50	9.23	131.31	637.50	14.27	202.93
4.45	0.175	292.50	6.55	93.11	450.00	10.07	143.24	705.00	15.78	224.41
5.08	0.200	322.50	7.22	102.66	487.50	10.91	155.18	757.50	16.95	241.13
6.35	0.250	360.00	8.06	114.59	547.50	12.25	174.28	795.00	17.79	253.06
7.62	0.300	375.00	8.39	119.37	577.50	12.92	183.83	847.50	18.97	269.77
8.89	0.350	390.00	8.73	124.14	607.50	13.60	193.38	885.00	19.81	281.71
10.16	0.400	412.50	9.23	131.31	630.00	14.10	200.54	922.50	20.65	293.65
11.43	0.450	420.00	9.40	133.69	660.00	14.77	210.09	960.00	21.48	305.58
12.70	0.500	427.50	9.57	136.08	697.50	15.61	222.03	1027.50	23.00	327.07



<b>Ds Max =</b>	2.29 gr/cm3	<b>CBR (0.1")</b>	9.05%
<b>95% Ds Max=</b>	2.18 gr/cm3	<b>CBR(0.2")</b>	9.50%

OBSERVACIONES:		
<b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>	<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>	<b>ASESOR</b>
		
NOMBRE: Frank Estrada Arana	NOMBRE: Ing. Erick Rafael Muñoz Barboza	NOMBRE: Ing. Iván Mejía Díaz
FECHA: 08/12/2018	FECHA: 08/12/2018	FECHA: 08/12/2018



"Capacidad portante (CBR) del suelo del sector 9 de Cajamarca, incorporando 2%, 4% y 6% de Cal Hidratada, 4%, 6% y 8% de Cemento Portland tipo I y 4%, 8% y 12% de Cloruro de Sodio"

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA									
PROTOCOLO									
<b>ENSAYO:</b>		CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR				<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b>			
<b>NORMA:</b>		MTC E132 / ASTM D188				CBR-LS-UPNC: .....			
<b>TESIS:</b>		"CAPACIDAD PORTANTE (CBR) DEL SUELO DEL SECTOR 9 DE CAJAMARCA, INCORPORANDO 2%, 4% Y 6% DE CAL HIDRATADA, 4%, 6% Y 8% DE CEMENTO PORTLAND TIPO I Y 4%, 8% Y 12% DE CLORURO DE SODIO"							
CALICATA:		C-1	ESTRATO:	E-1	TIPO DE MATERIAL:		Arcilloso		
UBICACIÓN:		SECTOR 9			COLOR DE MATERIAL:		Marrón		
FECHA DE MUESTREO:		25/06/2018			RESPONSABLE:		Jhan Franco Pintado Estrada		
FECHA DE ENSAYO:		06/11/2018			REVISADO POR:		Ing. Erick Rafael Muñoz Barboza		

CALIFORNIA BEARING RATIO – CBR – SUELO + 4% CAL							
DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3	
N° Golpes		5		5		5	
N° Golpes por Capa		13		27		55	
Condición de Muestra		Antes	Despu.	Antes	Despu.	Antes	Despu.
Peso Molde	gr	7243.00	7243.00	7236.00	7236.00	7228.00	7228.00
Peso Muestra húmeda + Molde	gr	13085.00	15268.44	13171.00	14756.02	13305.00	14884.89
Peso Muestra húmeda	gr	5842.00	8025.44	5935.00	7520.02	6077.00	7656.89
Volumen Muestra húmeda	cm <sup>3</sup>	2370.73	2370.73	2370.73	2370.73	2370.73	2370.73
Densidad húmeda ; Dh	gr/cm <sup>3</sup>	2.464	3.385	2.503	3.172	2.563	3.230

CONTENIDO DE HUMEDAD										
Ensayo	N°	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C
Peso Recipiente	gr	29.20	29.40	27.10	27.00	26.90	26.90	27.00	26.90	27.00
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	120.30	128.70	135.40	142.90	142.80	129.80	138.00	130.50	130.60
Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	111.70	119.40	124.60	132.00	131.90	119.90	127.50	120.70	120.80
Peso del Agua	gr	8.60	9.30	10.80	10.89	10.90	9.90	10.50	9.80	9.80
Peso Muestra Seca	gr	82.50	90.00	97.50	105.00	105.00	93.00	100.50	93.75	93.75
Contenido de Humedad ; W%	%	10.39	10.38	11.04	10.37	10.36	10.61	10.41	10.42	10.50
Promedio Contenido de Humedad	%	10.38		11.04	10.36		10.61	10.42		10.50
Densidad Máxima Seca; Ds	gr/cm <sup>3</sup>	2.232		3.049	2.268		2.868	2.321		2.923


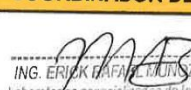
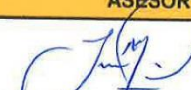
  

ENSAYO DE HINCHAMIENTO – SUELO + 4% CAL										
TIEMPO ACUMULADO		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento	
Horas	Días	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%
0	0	1	0	0.000	1	0	0.00	1	0	0
24	1	2	0.100	0.078	2	0.080	0.06	2	0.050	0.039
48	2	3	0.220	0.172	3	0.160	0.13	3	0.120	0.094
72	3	4	0.390	0.305	4	0.180	0.14	4	0.130	0.102
96	4	5	0.460	0.359	5	0.310	0.24	5	0.140	0.109


  

OBSERVACIONES:									

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Jhan Franco Pintado Estrada	NOMBRE: Ing. Erick Rafael Muñoz Barboza	NOMBRE: Ing. Iván Mejía Díaz
FECHA: 08/12/2018	FECHA: 08/12/2018	FECHA: 08/12/2018

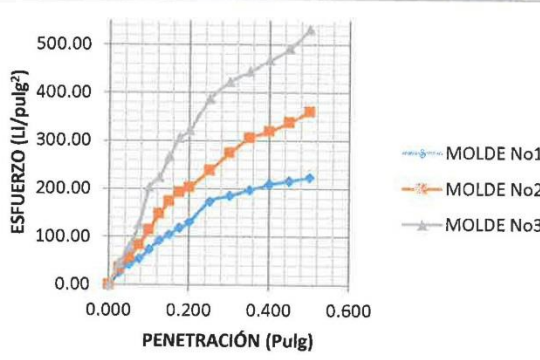
"Capacidad portante (CBR) del suelo del sector 9 de Cajamarca, incorporando 2%, 4% y 6% de Cal Hidratada, 4%, 6% y 8% de Cemento Portland tipo I y 4%, 8% y 12% de Cloruro de Sodio"

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA									
PROTOCOLO									
	<b>ENSAYO:</b>	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR					<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b>		
	<b>NORMA:</b>	MTC E132 / ASTM D188					CBR-LS-UPNC: .....		
	<b>TESIS:</b>	"CAPACIDAD PORTANTE (CBR) DEL SUELO DEL SECTOR 9 DE CAJAMARCA, INCORPORANDO 2%, 4% Y 6% DE CAL HIDRATADA, 4%, 6% Y 8% DE CEMENTO PORTLAND TIPO I Y 4%, 8% Y 12% DE CLORURO DE SODIO"							
<b>CALICATA:</b>	C-1	<b>ESTRATO:</b>	E-1	<b>TIPO DE MATERIAL:</b>		Arcilloso			
<b>UBICACIÓN:</b>	SECTOR 9			<b>COLOR DE MATERIAL:</b>		Marrón			
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	25/06/2018			<b>RESPONSABLE:</b>		Jhan Franco Pintado Estrada			
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	06/11/2018			<b>REVISADO POR:</b>		Ing. Erick Rafael Muñoz Barboza			

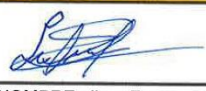
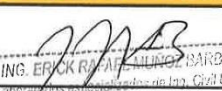

CARGA - SUELO + 4% CAL										
PENETRACIÓN		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo	
mm	Pulg	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	82.50	1.85	26.26	112.50	2.52	35.81	142.50	3.19	45.36
1.27	0.050	135.00	3.02	42.97	180.00	4.03	57.30	247.50	5.54	78.78
1.91	0.075	172.50	3.86	54.91	262.50	5.87	83.56	397.50	8.90	126.53
2.54	0.100	232.50	5.20	74.01	360.00	8.06	114.59	637.50	14.27	202.93
3.17	0.125	292.50	6.55	93.11	465.00	10.41	148.02	705.00	15.78	224.41
3.81	0.150	330.00	7.39	105.04	547.50	12.25	174.28	840.00	18.80	267.39
4.45	0.175	375.00	8.39	119.37	607.50	13.60	193.38	960.00	21.48	305.58
5.08	0.200	412.50	9.23	131.31	637.50	14.27	202.93	1012.50	22.66	322.30
6.35	0.250	547.50	12.25	174.28	750.00	16.78	238.74	1215.00	27.19	386.76
7.62	0.300	585.00	13.09	186.22	862.50	19.30	274.55	1327.50	29.71	422.57
8.89	0.350	622.50	13.93	198.15	960.00	21.48	305.58	1395.00	31.22	444.05
10.16	0.400	660.00	14.77	210.09	1005.00	22.49	319.91	1470.00	32.90	467.93
11.43	0.450	682.50	15.27	217.25	1065.00	23.83	339.01	1545.00	34.58	491.80
12.70	0.500	705.00	15.78	224.41	1132.50	25.35	360.49	1672.50	37.43	532.39



<b>Ds Max =</b>	2.39	gr/cm <sup>3</sup>	CBR (0.1")	11.15%
<b>95% Ds Max=</b>	2.27	gr/cm <sup>3</sup>	CBR(0.2")	11.50%

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Jhan Franco Pintado Estrada	NOMBRE: Ing. Erick Rafael Muñoz Barboza	NOMBRE: Ing. Iván Mejía Díaz
FECHA: 08/12/2018	FECHA: 08/12/2018	FECHA: 08/12/2018



"Capacidad portante (CBR) del suelo del sector 9 de Cajamarca, incorporando 2%, 4% y 6% de Cal Hidratada, 4%, 6% y 8% de Cemento Portland tipo I y 4%, 8% y 12% de Cloruro de Sodio"

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA									
PROTOCOLO									
<b>ENSAYO:</b>		CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR				<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b>			
<b>NORMA:</b>		MTC E132 / ASTM D188				CBR-LS-UPNC: .....			
<b>TESIS:</b>		"CAPACIDAD PORTANTE (CBR) DEL SUELO DEL SECTOR 9 DE CAJAMARCA, INCORPORANDO 2%, 4% Y 6% DE CAL HIDRATADA, 4%, 6% Y 8% DE CEMENTO PORTLAND TIPO I Y 4%, 8% Y 12% DE CLORURO DE SODIO"							
<b>CALICATA:</b>	C-1	<b>ESTRATO:</b>	E-1	<b>TIPO DE MATERIAL:</b>		Arcilloso			
<b>UBICACIÓN:</b>	SECTOR 9		<b>COLOR DE MATERIAL:</b>		Marrón				
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	25/06/2018		<b>RESPONSABLE:</b>		Jhan Franco Pintado Estrada				
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	06/11/2018		<b>REVISADO POR:</b>		Ing. Erick Rafael Muñoz Barboza				

CALIFORNIA BEARING RATIO – CBR – SUELO + 6% CAL							
DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3	
Nº Golpes		5		5		5	
Nº Golpes por Capa		13		27		55	
Condición de Muestra		Antes	Despu.	Antes	Despu.	Antes	Despu.
Peso Molde	gr	7286.00	7286.00	7214.00	7214.00	7301.00	7301.00
Peso Muestra húmeda + Molde	gr	12656.00	14626.58	12623.00	14128.25	12820.00	14325.19
Peso Muestra húmeda	gr	5370.00	7340.58	5409.00	6914.25	5519.00	7024.19
Volumen Muestra húmeda	cm <sup>3</sup>	2370.73	2370.73	2370.73	2370.73	2370.73	2370.73
Densidad húmeda ; Dh	gr/cm <sup>3</sup>	2.265	3.096	2.281	2.917	2.328	2.963

CONTENIDO DE HUMEDAD										
Ensayo	Nº	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C
Peso Recipiente	gr	27.50	27.10	26.90	27.20	26.90	27.20	27.10	27.10	27.20
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	123.50	152.20	132.00	123.20	141.20	123.40	141.50	152.20	131.80
Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	113.80	139.60	120.70	113.50	129.70	113.50	129.90	139.60	121.00
Peso del Agua	gr	9.70	12.60	11.30	9.75	11.50	9.90	11.60	12.60	10.80
Peso Muestra Seca	gr	86.30	112.50	93.75	86.25	102.75	86.25	102.75	112.50	93.75
Contenido de Humedad ; W%	%	11.29	11.17	12.02	11.31	11.21	11.49	11.31	11.21	11.47
Promedio Contenido de Humedad	%	11.23		12.02	11.26		11.49	11.26		11.47
Densidad Máxima Seca; Ds	gr/cm <sup>3</sup>	2.036		2.764	2.051		2.616	2.092		2.658


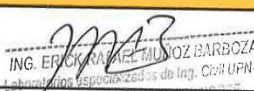
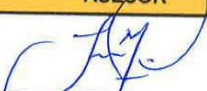
  

ENSAYO DE HINCHAMIENTO – SUELO + 6% CAL										
TIEMPO ACUMULADO		MOLDE Nº 01			MOLDE Nº 02			MOLDE Nº 03		
		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento	
Horas	Días	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%
0	0	1	0	0.000	1	0	0.00	1	0	0
24	1	2	0.080	0.063	2	0.070	0.05	2	0.030	0.023
48	2	3	0.190	0.148	3	0.140	0.11	3	0.050	0.039
72	3	4	0.330	0.258	4	0.250	0.20	4	0.150	0.117
96	4	5	0.430	0.336	5	0.320	0.25	5	0.160	0.125

OBSERVACIONES:										

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
	 ING. ERICK RAFAEL MUÑOZ BARBOZA Laboratorio Especializado de Ing. Civil UPN-C	
NOMBRE: Jhan Franco Pintado Estrada	NOMBRE: Ing. Erick Rafael Muñoz Barboza	NOMBRE: Ing. Iván Mejía Díaz
FECHA: 08/12/2018	FECHA: 08/12/2018	FECHA: 08/12/2018

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA									
PROTOCOLO									
<b>ENSAYO:</b>	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR					<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b>			
<b>NORMA:</b>	MTC E132 / ASTM D188					CBR-LS-UPNC: .....			
<b>TESIS:</b>	"CAPACIDAD PORTANTE (CBR) DEL SUELO DEL SECTOR 9 DE CAJAMARCA, INCORPORANDO 2%, 4% Y 6% DE CAL HIDRATADA, 4%, 6% Y 8% DE CEMENTO PORTLAND TIPO I Y 4%, 8% Y 12% DE CLORURO DE SODIO"								
<b>CALICATA:</b>	C-1	<b>ESTRATO:</b>	E-1	<b>TIPO DE MATERIAL:</b>	Arcilloso				
<b>UBICACIÓN:</b>	SECTOR 9			<b>COLOR DE MATERIAL:</b>	Marrón				
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	25/06/2018			<b>RESPONSABLE:</b>	Jhan Franco Pintado Estrada				
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	06/11/2018			<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Erick Rafael Muñoz Barboza				

CARGA - SUELO + 6%CAL										
PENETRACIÓN		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo	
mm	Pulg	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	82.50	1.85	26.26	97.50	2.18	31.04	120.00	2.69	38.20
1.27	0.050	150.00	3.36	47.75	157.50	3.52	50.14	210.00	4.70	66.85
1.91	0.075	187.50	4.20	59.68	217.50	4.87	69.23	337.50	7.55	107.43
2.54	0.100	232.50	5.20	74.01	285.00	6.38	90.72	450.00	10.07	143.24
3.17	0.125	277.50	6.21	88.33	375.00	8.39	119.37	555.00	12.42	176.67
3.81	0.150	330.00	7.39	105.04	412.50	9.23	131.31	645.00	14.44	205.31
4.45	0.175	390.00	8.73	124.14	457.50	10.24	145.63	727.50	16.28	231.58
5.08	0.200	405.00	9.06	128.92	487.50	10.91	155.18	772.50	17.29	245.90
6.35	0.250	427.50	9.57	136.08	592.50	13.26	188.60	847.50	18.97	269.77
7.62	0.300	450.00	10.07	143.24	637.50	14.27	202.93	937.50	20.98	298.42
8.89	0.350	472.50	10.57	150.41	667.50	14.94	212.48	975.00	21.82	310.36
10.16	0.400	487.50	10.91	155.18	712.50	15.95	226.80	1050.00	23.50	334.23
11.43	0.450	495.00	11.08	157.57	772.50	17.29	245.90	1117.50	25.01	355.72
12.70	0.500	502.50	11.25	159.95	802.50	17.96	255.45	1200.00	26.86	381.98

<b>Ds Max =</b>	2.17 gr/cm <sup>3</sup>	<b>CBR (0.1")</b>	10.50%
<b>95% Ds Max=</b>	2.06 gr/cm <sup>3</sup>	<b>CBR(0.2")</b>	11.40%

OBSERVACIONES:		
<b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>	<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>	<b>ASESOR</b>
NOMBRE: Jhan Franco Pintado Estrada	NOMBRE: Ing. Erick Rafael Muñoz Barboza	NOMBRE: Ing. Iván Mejía Díaz
FECHA: 08/12/2018	FECHA: 08/12/2018	FECHA: 08/12/2018



“Capacidad portante (CBR) del suelo del sector 9 de Cajamarca, incorporando 2%, 4% y 6% de Cal Hidratada, 4%, 6% y 8% de Cemento Portland tipo I y 4%, 8% y 12% de Cloruro de Sodio”

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA									
PROTOCOLO									
<b>ENSAYO:</b>		CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR				<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b>			
<b>NORMA:</b>		MTC E132 / ASTM D188				CBR-LS-UPNC: .....			
<b>TESIS:</b>		“CAPACIDAD PORTANTE (CBR) DEL SUELO DEL SECTOR 9 DE CAJAMARCA, INCORPORANDO 2%, 4% Y 6% DE CAL HIDRATADA, 4%, 6% Y 8% DE CEMENTO PORTLAND TIPO I Y 4%, 8% Y 12% DE CLORURO DE SODIO”							
<b>CALICATA:</b>	C-1	<b>ESTRATO:</b>	E-1	<b>TIPO DE MATERIAL:</b>		Arcilloso			
<b>UBICACIÓN:</b>	SECTOR 9			<b>COLOR DE MATERIAL:</b>		Marrón			
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	25/06/2018			<b>RESPONSABLE:</b>		Jhan Franco Pintado Estrada			
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	12/11/2018			<b>REVISADO POR:</b>		Ing. Erick Rafael Muñoz Barboza			

CALIFORNIA BEARING RATIO – CBR – SUELO + 4% CEMENTO PORTLAND TIPO I							
DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3	
N° Golpes		5		5		5	
N° Golpes por Capa		13		27		55	
<b>Condición de Muestra</b>		<b>Antes</b>	<b>Despu.</b>	<b>Antes</b>	<b>Despu.</b>	<b>Antes</b>	<b>Despu.</b>
Peso Molde	gr	7265.00	7265.00	7257.00	7257.00	7272.00	7272.00
Peso Muestra húmeda + Molde	gr	12960.00	15068.41	13043.00	14591.00	13156.00	14757.39
Peso Muestra húmeda	gr	5695.00	7803.41	5786.00	7334.00	5884.00	7485.39
Volumen Muestra húmeda	cm <sup>3</sup>	2370.73	2370.73	2370.73	2370.73	2370.73	2370.73
Densidad húmeda ; Dh	gr/cm <sup>3</sup>	2.402	3.292	2.441	3.094	2.482	3.157

CONTENIDO DE HUMEDAD										
Ensayo	N°	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C
Peso Recipiente	gr	27.10	27.10	26.90	26.90	26.90	27.10	26.90	27.00	27.00
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	118.40	126.60	135.40	143.10	143.00	135.20	126.40	118.20	143.30
Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	109.60	117.10	124.40	131.90	131.90	124.60	116.90	109.50	132.00
Peso del Agua	gr	8.80	9.50	11.00	11.16	11.10	10.60	9.50	8.70	11.30
Peso Muestra Seca	gr	82.50	90.00	97.50	105.00	105.00	97.50	90.00	82.50	105.00
Contenido de Humedad ; W%	%	10.62	10.61	11.32	10.63	10.58	10.89	10.57	10.56	10.72
Promedio Contenido de Humedad	%	10.62			10.61	10.89		10.56		10.72
Densidad Máxima Seca ; Ds	gr/cm <sup>3</sup>	2.172			2.957	2.207		2.245		2.852

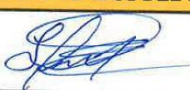
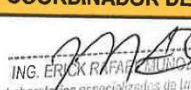
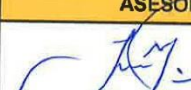
  

ENSAYO DE HINCHAMIENTO – SUELO + 4% CEMENTO PORTLAND TIPO I										
TIEMPO ACUMULADO		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		Lectura Deforma.	Hinchamiento mm	Hinchamiento %	Lectura Deforma.	Hinchamiento mm	Hinchamiento %	Lectura Deforma.	Hinchamiento mm	Hinchamiento %
0	0	1	0	0.000	1	0	0.00	1	0	0
24	1	2	0.130	0.102	2	0.110	0.09	2	0.080	0.063
48	2	3	0.240	0.188	3	0.180	0.14	3	0.140	0.109
72	3	4	0.390	0.305	4	0.200	0.16	4	0.150	0.117
96	4	5	0.450	0.352	5	0.310	0.24	5	0.160	0.125

OBSERVACIONES:										

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
	 ING. ERICK RAFAEL MUÑOZ BARBOZA Laboratorio especializado de Ing. Civil UPN-C	
NOMBRE: Jhan Franco Pintado Estrada	NOMBRE: Ing. Erick Rafael Muñoz Barboza	NOMBRE: Ing. Iván Mejía Díaz
FECHA: 08/12/2018	FECHA: 08/12/2018	FECHA: 08/12/2018

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA									
PROTOCOLO									
<b>ENSAYO:</b>		CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR				<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b>			
<b>NORMA:</b>		MTC E132 / ASTM D188				CBR-LS-UPNC: .....			
<b>TESIS:</b>		"CAPACIDAD PORTANTE (CBR) DEL SUELO DEL SECTOR 9 DE CAJAMARCA, INCORPORANDO 2%, 4% Y 6% DE CAL HIDRATADA, 4%, 6% Y 8% DE CEMENTO PORTLAND TIPO I Y 4%, 8% Y 12% DE CLORURO DE SODIO"							
<b>CALICATA:</b>	C-1	<b>ESTRATO:</b>	E-1	<b>TIPO DE MATERIAL:</b>		Arcilloso			
<b>UBICACIÓN:</b>	SECTOR 9			<b>COLOR DE MATERIAL:</b>		Marrón			
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	25/06/2018			<b>RESPONSABLE:</b>		Jhan Franco Pintado Estrada			
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	12/11/2018			<b>REVISADO POR:</b>		Ing. Erick Rafael Muñoz Barboza			

CARGA - SUELO + 4% CEMENTO PORTLAND TIPO I										
PENETRACIÓN		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo	
mm	Pulg	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	60.00	1.34	19.10	90.00	2.01	28.65	112.50	2.52	35.81
1.27	0.050	105.00	2.35	33.42	127.50	2.85	40.59	180.00	4.03	57.30
1.91	0.075	135.00	3.02	42.97	157.50	3.52	50.14	217.50	4.87	69.23
2.54	0.100	165.00	3.69	52.52	195.00	4.36	62.07	270.00	6.04	85.95
3.17	0.125	195.00	4.36	62.07	217.50	4.87	69.23	307.50	6.88	97.88
3.81	0.150	225.00	5.04	71.62	255.00	5.71	81.17	337.50	7.55	107.43
4.45	0.175	247.50	5.54	78.78	285.00	6.38	90.72	375.00	8.39	119.37
5.08	0.200	270.00	6.04	85.95	322.50	7.22	102.66	420.00	9.40	133.69
6.35	0.250	285.00	6.38	90.72	360.00	8.06	114.59	465.00	10.41	148.02
7.62	0.300	315.00	7.05	100.27	412.50	9.23	131.31	502.50	11.25	159.95
8.89	0.350	322.50	7.22	102.66	450.00	10.07	143.24	547.50	12.25	174.28
10.16	0.400	337.50	7.55	107.43	465.00	10.41	148.02	585.00	13.09	186.22
11.43	0.450	345.00	7.72	109.82	487.50	10.91	155.18	622.50	13.93	198.15
12.70	0.500	352.50	7.89	112.21	487.50	10.91	155.18	630.00	14.10	200.54

DS	Gr/cm³	CBR (0.1")	CBR (0.2")
Ds Max =	2.32	7.00%	
95% Ds Max =	2.20	7.60%	

**OBSERVACIONES:**

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
NOMBRE: Jhan Franco Pintado Estrada	NOMBRE: Ing. Erick Rafael Muñoz Barboza	NOMBRE: Ing. Iván Mejía Díaz
FECHA: 08/12/2018	FECHA: 08/12/2018	FECHA: 08/12/2018



"Capacidad portante (CBR) del suelo del sector 9 de Cajamarca, incorporando 2%, 4% y 6% de Cal Hidratada, 4%, 6% y 8% de Cemento Portland tipo I y 4%, 8% y 12% de Cloruro de Sodio"

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA									
PROTOCOLO									
<b>ENSAYO:</b>		CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR				<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b>			
<b>NORMA:</b>		MTC E132 / ASTM D188				CBR-LS-UPNC: .....			
<b>TESIS:</b>		"CAPACIDAD PORTANTE (CBR) DEL SUELO DEL SECTOR 9 DE CAJAMARCA, INCORPORANDO 2%, 4% Y 6% DE CAL HIDRATADA, 4%, 6% Y 8% DE CEMENTO PORTLAND TIPO I Y 4%, 8% Y 12% DE CLORURO DE SODIO"							
<b>CALICATA:</b>	C-1	<b>ESTRATO:</b>	E-1	<b>TIPO DE MATERIAL:</b>		Arcilloso			
<b>UBICACIÓN:</b>	SECTOR 9			<b>COLOR DE MATERIAL:</b>		Marrón			
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	25/06/2018			<b>RESPONSABLE:</b>		Jhan Franco Pintado Estrada			
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	12/11/2018			<b>REVISADO POR:</b>		Ing. Erick Rafael Muñoz Barboza			

CALIFORNIA BEARING RATIO – CBR – SUELO + 6% CEMENTO PORTLAND TIPO I							
DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3	
N° Golpes		5		5		5	
N° Golpes por Capa		13		27		55	
Condición de Muestra		Antes	Despu.	Antes	Despu.	Antes	Despu.
Peso Molde	gr	7308.00	7308.00	7228.00	7228.00	7221.00	7221.00
Peso Muestra húmeda + Molde	gr	13067.00	15155.65	13017.00	14636.28	13105.00	14760.51
Peso Muestra húmeda	gr	5759.00	7847.65	5789.00	7408.28	5884.00	7539.51
Volumen Muestra húmeda	cm <sup>3</sup>	2370.73	2370.73	2370.73	2370.73	2370.73	2370.73
Densidad húmeda ; Dh	gr/cm <sup>3</sup>	2.429	3.310	2.442	3.125	2.482	3.180

CONTENIDO DE HUMEDAD										
Ensayo	N°	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C
Peso Recipiente	gr	27.10	26.80	27.20	27.10	26.80	26.90	27.00	26.90	27.00
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	126.50	117.90	135.60	143.00	126.10	118.10	143.00	134.60	126.50
Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	117.10	109.30	124.70	132.10	116.80	109.40	132.00	124.40	117.00
Peso del Agua	gr	9.40	8.60	10.90	10.88	9.30	8.70	11.00	10.20	9.50
Peso Muestra Seca	gr	90.00	82.50	97.50	105.00	90.00	82.50	105.00	97.50	90.00
Contenido de Humedad ; W%	%	10.48	10.37	11.19	10.36	10.34	10.58	10.45	10.46	10.54
Promedio Contenido de Humedad	%	10.43			10.35		10.58	10.46		10.54
Densidad Máxima Seca; Ds	gr/cm <sup>3</sup>	2.200		2.977	2.213		2.826	2.247		2.877

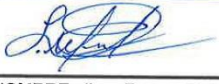
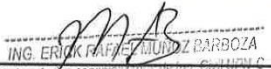

  

ENSAYO DE HINCHAMIENTO – SUELO + 6% CEMENTO PORTLAND TIPO I										
TIEMPO ACUMULADO		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento	
Horas	Días	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%
0	0	1	0	0.000	1	0	0.00	1	0	0
24	1	2	0.110	0.086	2	0.100	0.08	2	0.060	0.047
48	2	3	0.210	0.164	3	0.160	0.13	3	0.080	0.063
72	3	4	0.340	0.266	4	0.260	0.20	4	0.170	0.133
96	4	5	0.420	0.328	5	0.320	0.25	5	0.190	0.148

OBSERVACIONES:		

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
	 ING. ERICK RAFAEL MUÑOZ BARBOZA	
NOMBRE: Jhan Franco Pintado Estrada	NOMBRE: Ing. Erick Rafael Muñoz Barboza	NOMBRE: Ing. Iván Mejía Díaz
FECHA: 08/12/2018	FECHA: 08/12/2018	FECHA: 08/12/2018

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA									
PROTOCOLO									
<b>ENSAYO:</b>		CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR				<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b>			
<b>NORMA:</b>		MTC E132 / ASTM D188				CBR-LS-UPNC: .....			
<b>TESIS:</b>		"CAPACIDAD PORTANTE (CBR) DEL SUELO DEL SECTOR 9 DE CAJAMARCA, INCORPORANDO 2%, 4% Y 6% DE CAL HIDRATADA, 4%, 6% Y 8% DE CEMENTO PORTLAND TIPO I Y 4%, 8% Y 12% DE CLORURO DE SODIO"							
CALICATA:	C-1	ESTRATO:	E-1	TIPO DE MATERIAL:		Arcilloso			
UBICACIÓN:	SECTOR 9			COLOR DE MATERIAL:		Marrón			
FECHA DE MUESTREO:	25/06/2018			RESPONSABLE:		Jhan Franco Pintado Estrada			
FECHA DE ENSAYO:	12/11/2018			REVISADO POR:		Ing. Erick Rafael Muñoz Barboza			

CARGA – SUELO + 6% CEMENTO PORTLAND TIPO I										
PENETRACIÓN		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo	
mm	Pulg	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	52.50	1.17	16.71	82.50	1.85	26.26	105.00	2.35	33.42
1.27	0.050	97.50	2.18	31.04	142.50	3.19	45.36	187.50	4.20	59.68
1.91	0.075	127.50	2.85	40.59	180.00	4.03	57.30	270.00	6.04	85.95
2.54	0.100	135.00	3.02	42.97	195.00	4.36	62.07	390.00	8.73	124.14
3.17	0.125	157.50	3.52	50.14	225.00	5.04	71.62	442.50	9.90	140.86
3.81	0.150	187.50	4.20	59.68	277.50	6.21	88.33	510.00	11.41	162.34
4.45	0.175	217.50	4.87	69.23	315.00	7.05	100.27	562.50	12.59	179.05
5.08	0.200	240.00	5.37	76.40	330.00	7.39	105.04	600.00	13.43	190.99
6.35	0.250	270.00	6.04	85.95	382.50	8.56	121.76	660.00	14.77	210.09
7.62	0.300	315.00	7.05	100.27	412.50	9.23	131.31	697.50	15.61	222.03
8.89	0.350	330.00	7.39	105.04	457.50	10.24	145.63	720.00	16.11	229.19
10.16	0.400	345.00	7.72	109.82	487.50	10.91	155.18	727.50	16.28	231.58
11.43	0.450	360.00	8.06	114.59	517.50	11.58	164.73	735.00	16.45	233.96
12.70	0.500	360.00	8.06	114.59	525.00	11.75	167.12	735.00	16.45	233.96

<b>Ds Max =</b>	2.34 gr/cm <sup>3</sup>	<b>CBR (0.1")</b>	7.70%
<b>95% Ds Max=</b>	2.22 gr/cm <sup>3</sup>	<b>CBR(0.2")</b>	8.13%

OBSERVACIONES:		
<b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>	<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>	<b>ASESOR</b>
	 ING. ERICK RAFAEL MUÑOZ BARBOZA Laboratorios especializados de Ing. Civil UPN-C	
NOMBRE: Jhan Franco Pintado Estrada	NOMBRE: Ing. Erick Rafael Muñoz Barboza	NOMBRE: Ing. Iván Mejía Díaz
FECHA: 08/12/2018	FECHA: 08/12/2018	FECHA: 08/12/2018



"Capacidad portante (CBR) del suelo del sector 9 de Cajamarca, incorporando 2%, 4% y 6% de Cal Hidratada, 4%, 6% y 8% de Cemento Portland tipo I y 4%, 8% y 12% de Cloruro de Sodio"

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA									
PROTOCOLO									
<b>ENSAYO:</b>		CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR				<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b>			
<b>NORMA:</b>		MTC E132 / ASTM D188				CBR-LS-UPNC: .....			
<b>TESIS:</b>		"CAPACIDAD PORTANTE (CBR) DEL SUELO DEL SECTOR 9 DE CAJAMARCA, INCORPORANDO 2%, 4% Y 6% DE CAL HIDRATADA, 4%, 6% Y 8% DE CEMENTO PORTLAND TIPO I Y 4%, 8% Y 12% DE CLORURO DE SODIO"							
<b>CALICATA:</b>	C-1	<b>ESTRATO:</b>	E-1	<b>TIPO DE MATERIAL:</b>		Arcilloso			
<b>UBICACIÓN:</b>	SECTOR 9			<b>COLOR DE MATERIAL:</b>		Marrón			
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	25/06/2018			<b>RESPONSABLE:</b>		Jhan Franco Pintado Estrada			
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	12/11/2018			<b>REVISADO POR:</b>		Ing. Erick Rafael Muñoz Barboza			

CALIFORNIA BEARING RATIO – CBR – SUELO + 8% CEMENTO PORTLAND TIPO I							
DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3	
N° Golpes		5		5		5	
N° Golpes por Capa		13		27		55	
Condición de Muestra		Antes	Despu.	Antes	Despu.	Antes	Despu.
Peso Molde	gr	7265.00	7265.00	7272.00	7272.00	7279.00	7279.00
Peso Muestra húmeda + Molde	gr	13031.00	15165.93	13141.00	14697.51	13235.00	14871.57
Peso Muestra húmeda	gr	5766.00	7900.93	5869.00	7425.51	5956.00	7592.57
Volumen Muestra húmeda	cm <sup>3</sup>	2370.73	2370.73	2370.73	2370.73	2370.73	2370.73
Densidad húmeda ; Dh	gr/cm <sup>3</sup>	2.432	3.333	2.476	3.132	2.512	3.203

CONTENIDO DE HUMEDAD										
Ensayo	N°	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C
Peso Recipiente	gr	27.10	26.80	26.80	26.90	26.80	27.10	26.90	27.00	27.00
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	151.40	142.90	135.20	130.50	136.10	118.50	130.50	136.30	136.50
Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	139.60	131.80	124.30	120.70	125.80	109.60	120.70	126.00	126.00
Peso del Agua	gr	11.80	11.10	10.90	9.88	10.30	8.90	9.80	10.30	10.50
Peso Muestra Seca	gr	112.50	105.00	97.50	93.75	99.00	82.50	93.75	99.00	99.00
Contenido de Humedad ; W%	%	10.52	10.53	11.23	10.54	10.44	10.79	10.45	10.43	10.60
Promedio Contenido de Humedad	%	10.53			10.49		10.79	10.44		10.60
Densidad Máxima Seca; Ds	gr/cm <sup>3</sup>	2.201		2.996	2.241		2.827	2.275		2.896

ENSAYO DE HINCHAMIENTO – SUELO + 8% CEMENTO PORTLAND TIPO I										
TIEMPO ACUMULADO		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento	
Horas	Días	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%
0	0	1	0	0.000	1	0	0.00	1	0	0
24	1	2	0.110	0.086	2	0.090	0.07	2	0.060	0.047
48	2	3	0.180	0.141	3	0.140	0.11	3	0.080	0.063
72	3	4	0.260	0.203	4	0.200	0.16	4	0.120	0.094
96	4	5	0.310	0.242	5	0.230	0.18	5	0.120	0.094

OBSERVACIONES:										

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
NOMBRE: Jhan Franco Pintado Estrada	NOMBRE: Ing. Erick Rafael Muñoz Barboza	NOMBRE: Ing. Iván Mejía Díaz
FECHA: 08/12/2018	FECHA: 08/12/2018	FECHA: 08/12/2018



LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA										
PROTOCOLO										
<b>ENSAYO:</b>		CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR					<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b>			
<b>NORMA:</b>		MTC E132 / ASTM D188					CBR-LS-UPNC: .....			
<b>TESIS:</b>		"CAPACIDAD PORTANTE (CBR) DEL SUELO DEL SECTOR 9 DE CAJAMARCA, INCORPORANDO 2%, 4% Y 6% DE CAL HIDRATADA, 4%, 6% Y 8% DE CEMENTO PORTLAND TIPO I Y 4%, 8% Y 12% DE CLORURO DE SODIO"								
CALICATA:	C-1	ESTRATO:	E-1	TIPO DE MATERIAL:			Arcilloso			
UBICACIÓN:	SECTOR 9			COLOR DE MATERIAL:			Marrón			
FECHA DE MUESTREO:	25/06/2018			RESPONSABLE:			Jhan Franco Pintado Estrada			
FECHA DE ENSAYO:	12/11/2018			REVISADO POR:			Ing. Erick Rafael Muñoz Barboza			

CARGA - SUELO + 8% CEMENTO PORTLAND TIPO I										
PENETRACIÓN		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo	
mm	Pulg	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	97.50	2.18	31.04	82.50	202.50	4.53	420.00	9.40	133.69
1.27	0.050	142.50	3.19	45.36	142.50	292.50	6.55	600.00	13.43	190.99
1.91	0.075	202.50	4.53	64.46	180.00	405.00	9.06	817.50	18.30	260.22
2.54	0.100	255.00	5.71	81.17	195.00	472.50	10.57	990.00	22.16	315.13
3.17	0.125	300.00	6.71	95.50	225.00	585.00	13.09	1147.50	25.68	365.27
3.81	0.150	330.00	7.39	105.04	277.50	637.50	14.27	1237.50	27.70	393.92
4.45	0.175	360.00	8.06	114.59	315.00	690.00	15.44	1350.00	30.21	429.73
5.08	0.200	412.50	9.23	131.31	330.00	802.50	17.96	1507.50	33.74	479.86
6.35	0.250	472.50	10.57	150.41	382.50	877.50	19.64	1635.00	36.59	520.45
7.62	0.300	502.50	11.25	159.95	412.50	922.50	20.65	1710.00	38.27	544.32
8.89	0.350	547.50	12.25	174.28	457.50	997.50	22.32	1815.00	40.62	577.75
10.16	0.400	570.00	12.76	181.44	487.50	1027.50	23.00	1845.00	41.29	587.30
11.43	0.450	585.00	13.09	186.22	517.50	1035.00	23.16	1852.50	41.46	589.68
12.70	0.500	592.50	13.26	188.60	525.00	1042.50	23.33	1852.50	41.46	589.68

<b>Ds Max =</b>	2.34	<b>CBR (0.1")</b>	7.70%
<b>95% Ds Max=</b>	2.22	<b>CBR(0.2")</b>	8.13%

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
	 ING. ERICK RAFAEL MUÑOZ BARBOZA Laboratorio Especializado de Ing. Civil UPN-C	
NOMBRE: Jhan Franco Pintado Estrada	NOMBRE: Ing. Erick Rafael Muñoz Barboza	NOMBRE: Ing. Iván Mejía Díaz
FECHA: 08/12/2018	FECHA: 08/12/2018	FECHA: 08/12/2018

“Capacidad portante (CBR) del suelo del sector 9 de Cajamarca, incorporando 2%, 4% y 6% de Cal Hidratada, 4%, 6% y 8% de Cemento Portland tipo I y 4%, 8% y 12% de Cloruro de Sodio”

## **COMPARACIÓN DE COSTOS POR M3 DE ESTABILIZACIÓN DE SUELOS**

Tabla 10

Comparación de costos por  $m^3$  de estabilización de suelos

Ys SUELO	POR M3	PRECIO DE ESTABILIZACIÓN POR M3		PRECIO x Kg	PARCIAL S/.
		MEZCLA	CANTIDAD DE INSUMO (Kg)		
1.69	1690	Suelo + 2% Cal hidratada	33.80	S/ 0.30	S/ 10.14
		Suelo + 4% Cal hidratada	67.60	S/ 0.30	S/ 20.28
		Suelo + 6% Cal hidratada	101.40	S/ 0.30	S/ 30.42
		Suelo + 4% Cemento Portland Tipo I	67.60	S/ 0.55	S/ 37.02
		Suelo + 6% Cemento Portland Tipo I	101.40	S/ 0.55	S/ 55.53
		Suelo + 8% Cemento Portland Tipo I	135.20	S/ 0.55	S/ 74.04
		Suelo + 4% Cloruro de Sodio	67.60	S/ 1.50	S/ 101.40
		Suelo + 8% Cloruro de Sodio	135.20	S/ 1.50	S/ 202.80
		Suelo + 12% Cloruro de Sodio	202.80	S/ 1.50	S/ 304.20

“Capacidad portante (CBR) del suelo del sector 9 de Cajamarca, incorporando 2%, 4% y 6% de Cal Hidratada, 4%, 6% y 8% de Cemento Portland tipo I y 4%, 8% y 12% de Cloruro de Sodio”

## PANEL FOTOGRÁFICO





Fotografía 1. Realización de calicata



Fotografía 2. Realización de calicata





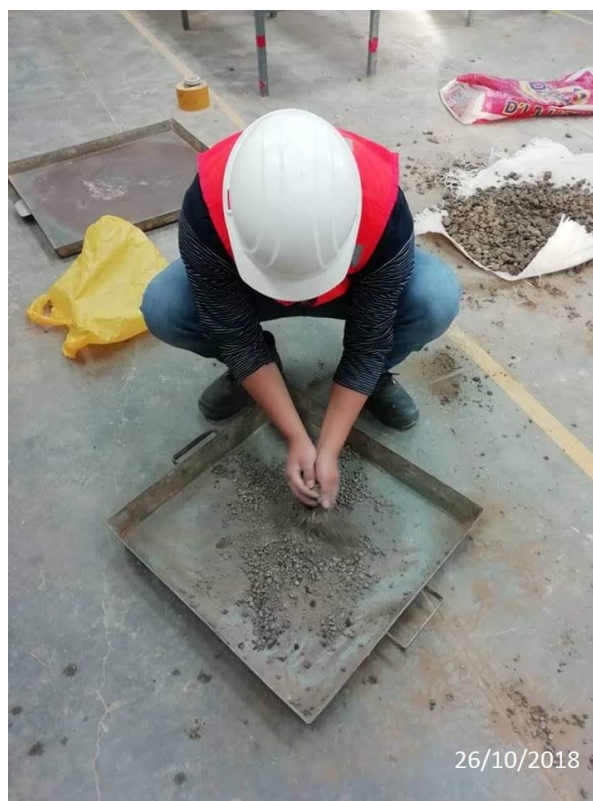
Fotografía 3. Realizando el pesado de la muestra



Fotografía 4. Realizando el pesado de la muestra



Fotografía 5. Tamizando la muestra para el ensayo de granulometría



Fotografía 6. Preparando la muestra para el ensayo de proctor

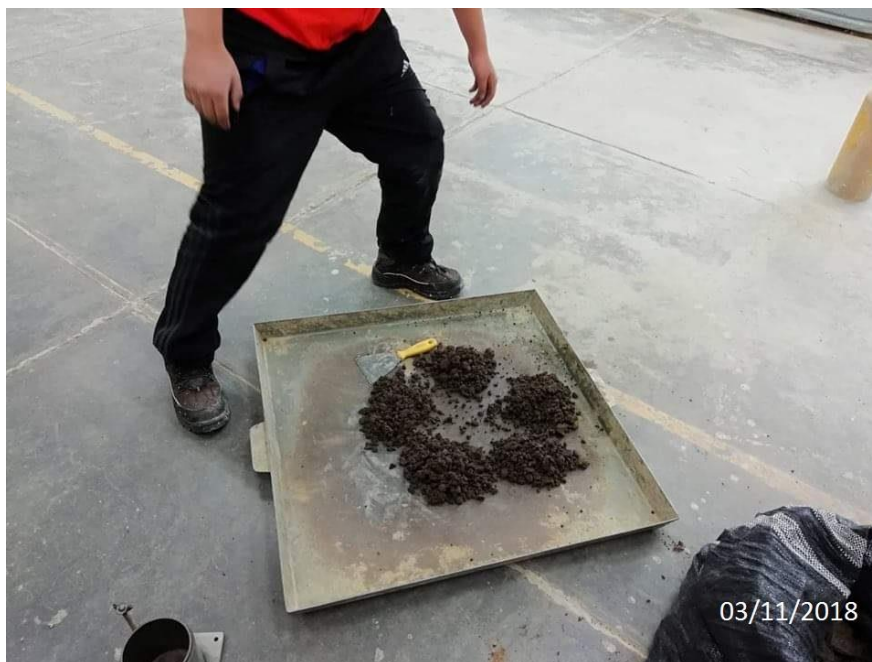


Fotografía 7. Pesando el molde para el ensayo de CBR



Fotografía 8. Preparando material para el ensayo de proctor





Fotografía 9. Cuarteo de material



Fotografía 10. Compactando material para el ensayo de proctor modificado





Fotografía 11. Ensayo de hinchamiento



Fotografía 12. Ensayo de hinchamiento



Fotografía 13. Toma de datos para el ensayo de hinchamiento



Fotografía 14. Registro de muestras obtenidas para el contenido de humedad del ensayo de CBR



Fotografía 15. Pesando el molde de CBR



Fotografía 16. Sumergiendo los moldes de CBR mas la muestra





Fotografía 17. Pesando el molde de CBR



Fotografía 18. Secado de los moldes más muestra para el ensayo de carga-penetración





Fotografía 19. Realizando el ensayo de carga penetración



Fotografía 20. En el laboratorio con nuestro asesor el Ing. Iván Mejía Díaz